

GRADBENI VESTNIK

Poštnina plačana pri
pošti 1102 LJUBLJANA

GLASILO ZVEZE
DRUŠTEV
GRADBENIH INŽENIRJEV
IN TEHNIKOV SLOVENIJE
IN MATIČNE SEKCIJE
GRADBENIH INŽENIRJEV
PRI INŽENIRSKI ZBORNICI
SLOVENIJE

MAREC 2003



Glavni in odgovorni urednik:
Prof.dr. Janez **DUHOVNIK**

Lektorica:
Alenka **RAIČ - BLAŽIČ**

Lektorica angleških povzetkov:
Darja **OKORN**

Tehnični urednik:
Danijel **TUDJINA**

Uredniški odbor:
Mag. Gojmir **ČERNE**
Gorazd **HUMAR**
Doc.dr. Ivan **JECELJ**
Jan Kristjan **JUTERŠEK**
Andrej **KOMEL**
Janja **PEROVIC-MAROLT**
Marjan **PIPENBAHER**
Mag. Črtomir **REMEC**
Prof.dr. Franci **STEINMAN**
Prof.dr. Miha **TOMAŽEVIČ**
Doc.dr. Branko **ZADNIK**

Tisk:
TISKARNA LJUBLJANA d.d.

Naklada: 2750 izvodov

Revijo izdajata ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, Ljubljana, Karlovška 3, telefon/faks: 01 422-46-22 in MATIČNA SEKCIJA GRADBENIH INŽENIRJEV pri INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE ob finančni pomoči Ministrstva RS za šolstvo, znanost in šport, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The International Construction Database).

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojene 2200 SIT; za gospodarske naročnike (podjetja, družbe, ustanove, obrtnike) 40.687,50 SIT za 1 izvod revije; za naročnike v tujini 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun se nahaja pri NLB, d.d. Ljubljana, številka:

0 2 0 1 7 - 0 0 1 5 3 9 8 9 5 5

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti izpisano z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
6. Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka (velike črke); imena in priimke avtorjev; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, naslov članka v angleščini (velike črke) in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni.
8. Slike, preglednice in fotografije morajo biti vključene v besedilo prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Slike in fotografije, ki niso v elektronski obliki, morajo biti priložene prispevku v originalu.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki [priimek prvega avtorja, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
11. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime avtorja, priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
12. Način objave je opisan s podatki: **knjige**: založba; **revije**: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; **zborniki**: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; **raziskovalna poročila**: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; **za druge vrste virov**: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
13. Pod črto na prvi strani, pri prispevkih, krajših od ene strani pa na koncu prispevka, morajo biti navedeni obsežnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
14. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGJ, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD.

Uredniški odbor

VSEBINA - CONTENTS

Članki, študije, razprave
Articles, studies, proceedings

Stran 50
R. Klemencic

ZA BOLJŠE IN VARNEJŠE GRAJENO OKOLJE

TOWARD A BETTER AND SAFER BUILT ENVIRONMENT

Stran 55
M. Hajdukovič

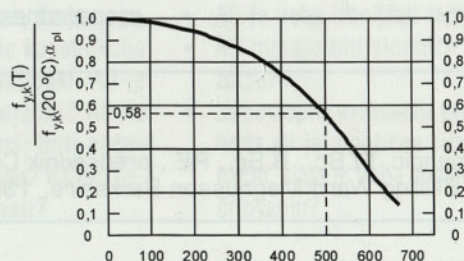
POŽARNOZAŠČITNI PREMAZI ZA JEKLENE KONSTRUKCIJE

INTUMESCENT COATINGS FOR STEEL- WORK

Stran 59
R. Mlakar, V. Markelj, B.S. Bedenik

NATEZNI TRAKOVI PRI MOSTOGRADNJI







STRESS-RIBBON BRIDGES



$f_{y,k}(T)$meja plastičnosti jekla pri določeni temperaturi

$f_{y,k}(20\text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot \alpha_{pi}$meja plastičnosti jekla pri temperaturi 20 °C

α_{pi}faktor oblike profila

Profil	α_{pi}
	1,14
	1,18
	1,26
	1,27
	1,50
	1,70



ZA BOLJŠE IN VARNEJŠE GRAJENO OKOLJE

TOWARD A BETTER AND SAFER BUILT ENVIRONMENT

STROKOVNI ČLANEK

UDK 624.9 : 699.8

RON KLEMENCIC

P O V Z E T E K

Prispevek obravnava problematiko grajenja visokih stavb, ki se je pojavila po napadu na WTC v New Yorku 11. septembra 2001. Posebej so obravnavana vprašanja v zvezi z integriteto konstrukcij, zasilnimi izhodi iz stavb, zaščito pred požarom in pripravljenostjo na nepričakovane dogodke.

S U M M A R Y

The topics, emerging after the attack on the WTC in New York, are discussed in the paper. Particularly the questions on the integrity of structures, building egress (exit stairs), fire protection, and emergency preparedness are treated.

Avtor:

Ron Klemencic, M.Sc., B.Sc., P.E., predsednik Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), direktor Skilling Ward Magnusson Barkshire, 1301 Fifth Avenue, Suite 3200, Seattle WA 98101-2699

KJE JE UPORABNIK?

Gradbeništvo je med vsemi industrijami nekaj posebnega. Redke med njimi izdelajo vsako leto na tisoče prototipov stavb, med katerimi je vsak nekaj posebnega. Ti prototipi so v gradbeništvu regulirani s pravili, določenimi v gradbenih predpisih. Namen teh predpisov je zagotoviti minimalno raven varnosti in uporabnosti zgrajenih stavb.

Druga edinstvena lastnost gradbeništva je, da nima učinkovitega sistema za zbiranje povratnih informacij. Ker snovanje, načrtovanje in gradnja večje stavbe trajajo več let, so uporabnikove povratne informacije pogosto prepozne in ne morejo pomembno vplivati na lastnosti stavbe, na katero se nanašajo. Zato je mogoče želje uporabnikov upoštevati le z več let trajajočim poskušanjem in popravljanjem.

Načrtovalci drugih potrošniških izdelkov, kot so vnaprej pripravljena hrana, avto-

mobili in elektronski izdelki, imajo veliko bolj neposreden mehanizem povratnih informacij, ki lahko stalno vpliva na njihovo delo. Dejansko so izdelki, ki jih kupujemo vsi, rezultat povratnih informacij potrošnikov. Povratne informacije se pojavljajo v različnih oblikah, prihajajo iz ciljnih skupin, inšpekcij, anket in končno iz števila prodanih izdelkov. Ali ta proces obstoji tudi za stavbe? Takega, da bi bil merljiv, ni.

Za stavbe je značilna še ena posebnost, ki se je pokazala po 11. septembru 2001 (porušitev WTC v New Yorku). Uporabniki stavb so v splošnem slabo ali celo napačno obveščeni o okolju, v katerem živijo in delajo. Varnost stavb se zdi zagotovljena. Za razliko od avtomobilske industrije, ki vsako leto porabi za raziskave, preskušanje in poročanje o varnosti avtomobilov na milijone dolarjev, da bi bili potrošniki dobro informirani, ko bodo naslednjič kupovali avto, o

kakem Poročilu uporabnikov zgradb ni sledu.

Kako naj ob neobveščinem uporabniku in neučinkovitem mehanizmu za povratne informacije vemo, katere določbe v gradbenih predpisih naj bi se spremenile ali dodale kot posledica 11. septembra? Nobenega dokaza ni, ki bi sledil iz raziskav po 11. septembru, da je bilo v predpisih nekaj v temelju narobe. Nebotičnika WTC sta se glede na nevarnost obnašala herojsko.

Kako zagotoviti poučen dialog glede sprememb gradbenih predpisov, če uporabniki v njem ne sodelujejo dejavno?

NUJA NOVIH GRADBENIH PREDPISOV

Zdi se, da bi bilo treba napisati nove gradbene predpise. Toda katera naj bi bila ti-

sta nevarnost, na katero naj bi se nanašala? Udarec letala v stavbo? Padec meteorja? Tovornjak – bomba, podobna tistemu v Oklahoma Cityju? Katere nevarnosti naj obravnavamo kot sprejemljiva tveganja in katere ne? Pred katero nevarnostjo želimo, da bi nas zaščitile naše stavbe in pri kateri naj bi se kar najbolje obnašale. Naj bi se novi predpisi nanašali na vse stavbe ali le na visoko rizične? Kje naj bo taka ločnica med stavbami?

Odgovori na ta vprašanja zadevajo vse ljudi in zato je pred odgovori potrebna širša razprava. Stroški, ki bodo vplivali na naš žep in osebno svobodo, bodo lahko visoki. Preden se bodo arhitekti, inženirji in gradbene oblasti enostransko odločili za vse nas, kaj je najboljše, je nujna javna razprava.

Ker ni učinkovitega mehanizma za zbiranje povratnih informacij o željah uporabnikov stavb, je politika lahko edini učinkovit nosilec te razprave. Pri tem je pomembno, da bodo imeli pri usmerjanju in obveščanju v tej razpravi vodilno vlogo arhitekti, inženirji in gradbene oblasti, ki lahko zagotovijo razumevanje dejstev, preden bodo predpisani novi ukrepi.

TEKOČE RAZISKAVE

Trenutno se po vsem svetu namenja precejšnja sredstva za raziskave določenih problemov, opaženih po 11. septembru. Vse raziskave so dobronamerne in imajo za cilj gradnjo boljših in varnejših stavb. Vsi se strinjamo, da so boljše in varnejše stavbe dobra stvar. Toda za kakšno ceno?

Rezultati teh raziskav lahko vodijo do bodočih sprememb predpisov in zato je pomembno razumeti, kaj se raziskuje. To bo prispevalo k poučnemu dialogu in vplivalo na rezultat. Med številnimi ustanovami izvajajo raziskave tudi:

- ZDA – CTBUH, ICC, NIBS, NIST, NFPA, ASCE, AISC
- VB - BRE
- Europa- CIB

- Japonska - AIJ
- Koreja – AIK

Tematika, ki jo raziskujejo navedene ustanove, je zelo obširna, v splošnem pa jo lahko razvrstimo v naslednja področja:

- Integriteta konstrukcij
- Zasilni izhodi iz stavb
- Zaščita pred požarom
- Pripravljenost na nepričakovane dogodke.

Na kratko si oglejmo vsakega od teh področij.

Integriteta konstrukcij

Najvažnejše, kar se raziskuje, je progresivno rušenje. Ker se je WTC porušil zaradi posledic udara, eksplozije in neznansko velikega požara, se je pojavila skrb glede integritete konstrukcije stavbe med izjemnimi dogodki. Ali je treba konstrukcije zato ojačiti? Ali so določene vrste konstrukcij bolj občutljive za porušitev kot druge? Katero nevarnost moramo upoštevati?

Nedavna delavnica, ki sta jo podprla NIBS in NIST, se je osredotočila tudi na ta vprašanja. Mnenja udeležencev so se precej razlikovala. Nekateri so menili, da ni potrebna nobena takojšnja akcija, drugi, da so potrebne takojšnje spremembe predpisov glede ojačenja stavb. Celo med priznanimi inženirji ni bilo soglasja.

Pred nadaljevanjem raziskav o progresivni porušitvi in integriteti konstrukcij je pomembno, da se dogovorimo glede narave nevarnosti, ki jih obravnavamo. Če stavbo ogrožajo tovornjaki – bombe, je med najbolj cenovno ugodnimi ukrepi preprečenje dovoza. Če to lahko učinkovito dosežemo, ni potrebno ojačenje konstrukcije.

Kako lahko dosežemo soglasje o naraščajoci nevarnosti, pred katero bi se radi zaščitili z ojačenjem stavbe, če bodoče nevarnosti ne poznamo? V tem prime-

ru je še posebej pomemben javen dialog in celo javna politika, ki morata postaviti usmeritve, preden konstrukcijski inženirji in gradbene oblasti uveljavijo dobronamerne, toda potencialno zgrešene predpise.

Zasilni izhodi iz stavb

Po 11. septembru je bilo veliko pozornosti namenjene zasilnim izhodom iz stavb in še posebej zasilnim stopniščem. Najpogostejša vprašanja so bila:

- Ali mora biti več zasilnih stopnišč?
- Ali morajo biti zasilna stopnišča širša, da bi omogočala dvosmerni promet?
- Ali morajo biti zasilna stopnišča znotraj stavbe ali na obodu?
- Ali morajo biti stopnišča obdana z utrjenim obodom?
- Ali je treba izboljšati razsvetlavo?
- Ali morajo biti stopnice varne proti zdrsu?
- Je postopna evakuacija pravi način izhoda ali je množična evakuacija nov način, ki ga je treba upoštevati pri načrtovanju?

Na podlagi proučevanja dejstev ob 11. septembru lahko ugotovimo, da je le malo dokazov, če sploh so, da bi izhodna stopnišča ne delovala dobro. Nedavna študija nahajališč in usod WTC uporabnikov je ugotovila, da je 98 % vseh, ki so uspeli priti do zasilnih stopnišč, lahko zapustilo zgradbo. Ljudje, ki so umrli, so bili večinoma v eni od treh naslednjih skupin: nahajali so se v ali nad napadenim nadstropjem; bili so med reševalci, ki so v stavbo prihajali po napadu; bili so na trgu zunaj nebotičnikov.

Največ pozornosti je danes posvečeno medsebojni oddaljenosti med stopnišči. Nekateri pravijo, da bi v primeru, da bi vsa tri zasilna stopnišča ne bila nameščena v jedru nebotičnikov, morda katero od njih ostalo ob napadu nepoškodovano. Tako bi omogočili ljudem nad napadenim nadstropjem, da bi se umaknili na varno. Nihče ne more z gotovostjo

R. KLEMENCIC: Za boljšo in varnejšo gradnjo

trditi, da to drži. Večina stavb ima običajno le dve stopnišči.

Oglejmo si tisoče visokih stanovanjskih stavb v severni Ameriki, Evropi, Avstraliji in Aziji, ki imajo kot zasilni izhod uporabljene škarjaste stopnice (scissor stairs). Te stopnice so zgrajene v obliki spirale. Dvoje različnih izhodnih vrat, ki niso skupaj, vodi iz iste etaže v dve ločeni stopnišči, ki se spiralno ovijata eno ob drugo. Ta vrsta stopnišč je priljubljena zato, ker zahteva najmanj prostora, je pa zelo ranljiva v primeru poškodbe konstrukcije v bližini stopnišča.

Kakšne ekonomske posledice bi imela prepoved uporabe te vrste stopnic? Kaj storiti s tisoči starejših stavb, v katerih so zgrajena taka stopnišča?

Ni videti, da bi bila zahteva po več stopniščih ali da bi bila ta širša podprta z dokazi. Ekonomske posledice dodatnih stopnišč in njihove večje širine bi ne bile zanemarljive.

Požarna varnost

Požarni varnosti je bilo namenjenih največ preiskav in raziskav. V ZDA jih je večino vodila NFPA. Obravnavali so tudi vprašanja, kot so:

Projektni požar naj bi se po predpisih razvil na 160 m², požar v WTC pa je bil na 16.000 m². Ali bi bilo treba projektni požar ponovno preučiti? Kakšne bi bile ekonomske posledice povečanja projektnega požara?

Po 11. septembru je postala vprašljiva tudi brizgana protipožarna zaščita jeklene konstrukcije. Ob udaru letala v stavbo in kasnejših eksplozijah se je oluščila na velikih površinah. Ali bi morala biti debelejša? Ali bi bilo treba razviti nove obloge z večjo oprijemljivostjo?

Vprašljiva je postala požarna odpornost gradbenih elementov. Običajni katalogi izdelkov z 1-urno, 2-urno, 3-urno ali 4-urno požarno odpornostjo ne zagota-

vljajo, da bo stavba enako dolgo prenašala požar. Ta odpornost pove le, koliko časa zdrži element v kontroliranih razmerah pri laboratorijskem požaru. Potrebni so drugačni katalogi kot tudi izobraževalni programi.

Preučuje se tudi primernost postopnega izhoda v primerjavi z množičnim. Ta problem je bolj psihološki kot fizični, saj je povezan z odzivom uporabnikov stavbe med zaznano ali dejansko krizo. Psihološki vpliv se bo zelo verjetno sčasoma spremenil. Katera izmed omenjenih strategij je primernejša? Vse navedeno je bilo preučevano in preiskovano, rezultati pa naj bi šele sledili.

Pripravljenost na nepričakovane dogodke

Čeprav to ni predmet gradbenih predpisov, so prizadevanja za povečanje pripravljenosti po 11. septembru doživela velike premike. Med ukrepe sodi, kot sledi:

Usposabljanje gasilcev

Gasilci naj bi bili seznanjeni z osnovami konstrukcijskega inženirstva, kar naj bi jim omogočilo bolj razumno odločanje ob posegih v nevarnih situacijah. Gasilci navadno delajo v življenjsko nevarnih razmerah. Če bi za vsak korak potrebovali nasvet konstrukcijskega inženirja, bi bilo gašenje prepočasno, nasveti pa tudi ne bi bili učinkoviti, ker bi gasilci ne upoštevali svaril. Poznavanje osnov konstrukcijskega inženirstva bi izboljšalo osebno varnost gasilcev in jim omogočilo hitrejše napredovanje v nevarnih situacijah.

Dostopnost načrtov stavb

Če bi lahko gasilci ob klicu na pomoč imeli vpogled na daljavo v elektronsko shranjene načrte stavbe, bi se lahko poučili o vrsti stavbe, preden bi prispeli

na prizorišče požara. Stroški in trud, ki bi bili potrebni za pripravo teh podatkov, so veliki, toda primerljivi s prednostmi.

Načrti ukrepov ob neizgodah

Lastnike in upravljavce stavb bi bilo treba spodbujati k pripravi formalnih pisnih navodil za ravnanje ob neizgodah. Uporabniki stavb bi jih morali poznati in vaditi njihovo uporabo. Varnost uporabnikov bi se s tem bistveno povečala.

ODZIV CTBUH

V času po napadu na WTC in Pentagon se je izkazalo, da gradbeništvo potrebuje neko vodilno organizacijo. Javnost zahteva več informacij glede varnosti in načrtovalci hočejo vedeti, kako naj se temu odzovejo. Soočeni s temi potrebami, smo na Svetu za visoke stavbe in urbano okolje (Council on Tall Buildings and Urban Habitat-CTBUH) ugotovili priložnost za prevzem vodenja potrebnih dejavnosti. To ni le priložnost, ampak tudi dolžnost vseh načrtovalcev in gradbenih oblasti. Nujna je vzgoja splošne javnosti o pričakovanem obnašanju stavb ob različnih nevarnostih in grožnjah.

CTBUH je izdal dva priročnika:

- Ocena varnosti stavb
- Povečanje varnosti stavb

Priročnik za oceno varnosti stavb je namenjen povprečnemu državljanu. Ponuja vpogled v različne varnostne sisteme v sodobnih stavbah in kakšno obnašanje stavb se pričakuje pri nevarnostih, kot so požari, eksplozije, biokemijski napad ter naravne neizgode kot so viharji in potresi. V bistvu je za stavbe ta priročnik to, kar je za gospodinjne stroje in avtomobile *Consumer Reports Magazine*. Povprečen uslužbenec, podjetnik ali stanovalec v večji stavbi lahko primerja varnostne vidike različnih stavb in se usposobi za boljše osebne odločitve.

Priročnik za povečanje varnosti stavb naj bi uporabljal lastniki stavb, direktorji in načrtovalci. Vsebuje opise možnih izboljšav na podlagi zahtev gradbenih predpisov, ki jih je mogoče uporabiti pri načrtovanju neke stavbe. Pomembno je poudariti, da CTBUH v tej publikaciji ne podpira spremembe predpisov, ki vsebujejo predstavljene izboljšave. Nasprotno, CTBUH podpira na obnašanju temelječe načrtovanje (Performance Based Design).

Z drugimi besedami, vsako stavbo je treba ovrednotiti glede na dejanske okoliščine in predvideno ogroženost. Ko se ugotovi posebnosti, se lahko sestavi primerne kriterije za izdelavo načrtov.

IZVEDBA IZBOLJŠAV STAVB PO 11. SEPTEMBRU

V osemnajstih mesecih po razdejanju 11. septembra so bili številni lastniki stavb pripravljeni izvesti fizične izboljšave svojih stavb z namenom, da bi se povečala varnost njihovih uporabnikov. Izvedba teh izboljšav je naključna, vrsta izboljšav pa je zelo pisana glede stroškov in učinkov. V

gradbeništvu ni soglasja glede primernosti različnih izboljšav.

Kot poseben primer naj navedemo, da so bila pri ducatu novih in obstoječih stavb izvedena ojačenja konstrukcije proti eksploziji v pritličju. Žal med načrtovalci ni soglasja glede jakosti eksplozije in njene oddaljenosti od stavbe. Pri vsaki od omenjenih stavb so glede tega velike razlike.

Druge izboljšave, ki se izvajajo, vključujejo izboljšano požarno zaščito, kot je izboljšan protipožarni obrizg jeklenih konstrukcij, širše izhodne stopnice, brezžične komunikacije za klic v sili z repetitorji za povečanje zanesljivosti signala, prestavitev odprtih za zajem zraka zaradi zaščite pred biokemijskim napadom in mehanske ojačitve konstrukcij s kompoziti, navarjenimi ojačitvami in dodatnimi konstrukcijskimi elementi.

Večinoma so bile te izboljšave dodane z majhnimi stroški kot poskus za povečanje tržne zanimivosti posameznih stavb. Lastniki stavb so skušali privabiti potencialne najemnike z neko obliko varnostne izboljšave. Doslej žal ni načina, po katerem

bi lahko ugotovili, kako so se najemniki odzvali na te izboljšave. Ali so najemniki pripravljeni plačati več za te izboljšave ali lastniki te izboljšave kreditirajo iz stroškov trženja? Morda bomo sčasoma dobili odgovor na to vprašanje. Vseeno je presenetljivo, da ob splošnem prizadevanju za varnost temu vprašanju ni bilo posvečeno več pozornosti.

SKLEP

Gradbeništvu se bo v naslednjih mesecih in letih soočilo z nekaterimi težavnimi izzivi. Dogovarjanje o tehničnih vprašanih obsega tudi socialna vprašanja. Med njimi so vprašanja neobveščenih ali napačno obveščenih uporabnikov in neučinkovitega mehanizma za zbiranje povratnih informacij ter vprašanja, proti katerim nevarnostim naj bi bile v naši družbi odporne stavbe.

Predvidene spremembe predpisov so dolgoročne, njihove posledice pa bodo povečanje stroškov gradnje in zmanjšanje osebne svobode. Pred izvedbo teh sprememb je treba nujno usposobiti uporabnike stavb in se vključiti v javni dialog o bodočih usmeritvah.

Prevedel: Janez Duhovnik

Opomba urednika: Rona Klemencica sem odkril na internetu, kjer se je njegovo ime pojavilo v zvezi s porušenim WTC v New Yorku. Ker se mi je zdel njegov priimek domač, sem ga po elektronski pošti povabil, naj o tem kaj napiše za Gradbeni vestnik. Povedal mi je, da je njegov praded prišel v Ameriko iz Hrvaške, vabilu pa se je odzval s tem prispevkom. Ron Klemencic je direktor podjetja Skilling Ward Magnusson Barkshire Inc., s sedežem v Seattlu, Washington, ZDA. Podjetje je doslej prejelo številne nagrade za svoje delo in ima izvedene projekte v 43 državah. Ron Klemencic je diplomiral l. 1985 na Univerzi Purdue, magistriral pa l. 1986 na Kalifornijski univerzi v Berkeleyu na področju konstrukcijskega inženirstva. Aktiven je v številnih poklicnih in strokovnih organizacijah, predava v gospodarstvu in na univerzah. V petnajstletni poklicni karieri se je uveljavil med strokovnjaki, ki se ukvarjajo z razvojem grajenega okolja, to je arhitekti in izvajalci, kot človek z idejami, kreativnimi inženirskimi rešitvami, inovacijami, ki povečujejo dodano vrednost in s prirojeno sposobnostjo videti celovitost nekega problema. Trenutno se ukvarja z načrtovanjem več visokih poslovnih in stanovanjskih stavb v Kaliforniji, Illinoisu in Washingtonu ter projekti v Koreji, Singapuru in Hong Kongu.

POŽARNOZAŠČITNI PREMAZI ZA JEKLENE KONSTRUKCIJE

INTUMESCENT COATINGS FOR STEELWORK

STROKOVNI ČLANEK

UDK 624.014.2 : 699.81 : 667.63

MILAN HAJDUKOVIČ

P O V Z E T E K

Izpostavljene jeklene konstrukcije morajo biti požarno zaščitene, saj bi se drugače v požaru zrušile. Jekleni elementi so lahko zaščiteni proti segrevanju na različne načine. Eden od njih je intumescentni premaz, ki v požaru tvori sloj pene s toplotnoizolacijskim učinkom.

S U M M A R Y

Exposed steel structures need to be fire-protected in order not to lose their load-bearing capacity in case of fire. Steel components may be protected against heat by different measures. One of them is intumescent coating, which in case of fire forms a foam layer having thus a thermal insulating effect.

Avtor:

Milan Hajdukovič, Zavod za gradbeništvo, Požarni laboratorij, Dimičeva 12, Ljubljana

UVOD

Investitorji in projektanti se predvsem zaradi hitrosti in enostavnosti gradnje vedno pogosteje odločajo za gradnjo objektov, ki imajo vidno jekleno nosilno konstrukcijo. Glede požarne varnosti je jeklena konstrukcija problematična. Čeprav je jeklo negorljivo, ima zelo nizko požarno odpornost. Požaru izpostavljena jeklena nosilna konstrukcija se zaradi velike toplotne prevodnosti in majhne specifične toplote razmeroma hitro segreje. Nosilnost jeklene konstrukcije se s povišano temperaturo hitro zmanjšuje, in ko je dosežena kritična temperatura, nastopi porušitev konstrukcije. Zato je treba jekleno konstrukcijo toplotno izolirati oziroma požarno zaščititi. To lahko naredimo z različnimi toplotnoizolacijskimi oblogami, kot so ometi in plošče, votle elemente je možno napolniti z vodo, lahko pa se na izpostavljene jeklene dele nanese reakcijski požarno-

zaščitni sistem. To je premaz, ki se pri povišani temperaturi v požaru aktivira. Sestavljen je iz temeljne, protikorozijske barve, reaktivnega sloja in zaključnega, to je zaščitnega sloja. Reaktivna komponenta je lahko intumescentni material, ki pri povišani temperaturi tvori peno, ablacijski material, ki pri reakciji porablja toploto, sublimacijski material, ki se vplinja, ali pa njihova kombinacija. Najbolj so se uveljavili intumescentni premazi, ki se pri temperaturi nad 200 °C začnejo peniti in močno povečajo prvotno debelino ter tako tvorijo toplotno izolacijsko peno. Intumescentni premazi so lahko narejeni na vodni osnovi ali pa na osnovi topil. Nanašajo se s čopičem, valjčkanjem ali brizganjem v debelini, ki je odvisna od želene požarne odpornosti. V praksi se je izkazalo, da so intumescentni premazi primerni za požarno zaščito R 30 [prEN 13501-2], pri čemer je debelina premaza 500 mm do 800 mm. Za požarno odpornost R 60 bi

bila potrebna debelina okoli 1500 mm in več, kar je zelo težko doseči, debela pena pa je dokaj nestabilna in v turbulentnih tokovih produktov gorenja podvržena odpadanju.

DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA POŽARNO ODPORNOST JEKLENIH KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

KRITIČNA TEMPERATURA JEKLENE KONSTRUKCIJE

Ocenjuje se, da element ni več požaroodporen, ko je presežena najvišja dopustna temperatura elementa, ki je odvisna od obtežnih pogojev. To temperaturo imenujemo "kritična temperatura". To je temperatura, pri kateri pričakujemo,

da pride do mejnega stanja nosilnosti konstrukcije za dani obtežni primer, ali drugače povedano, kritična temperatura je tista temperatura, pri kateri nastopi porušitev jeklene konstrukcije [Rebec, 1989].

Pri statičnem izračunu nosilne konstrukcije z upoštevanjem običajnih varnostnih faktorjev je kritična temperatura med 350 °C in 650 °C. To temperaturo lahko določi le projektant konstrukcije. Največkrat lahko predpostavimo, da je kritična temperatura okoli 500 °C. Če je element predimenzioniran, je njegova kritična temperatura višja, v nasprotnem primeru pa nižja.

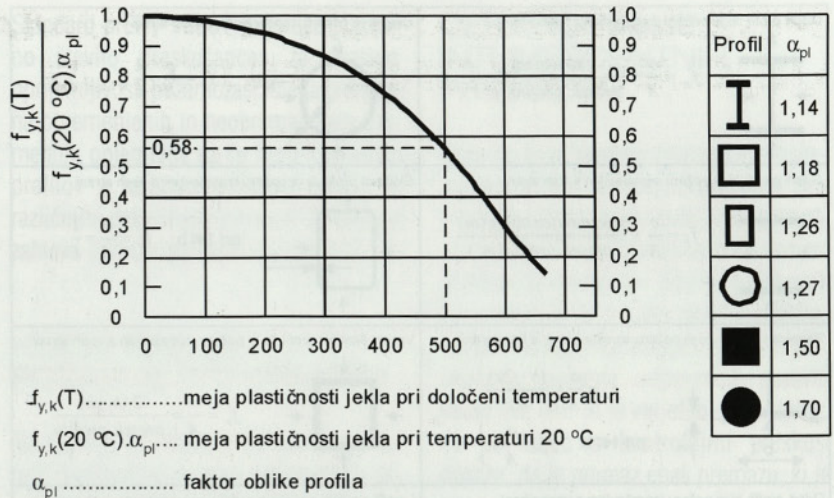
V sliki 1, povzeti iz DIN 4102-4, je prikazano razmerje med mejo plastičnosti konstrukcijskega jekla pri povišani temperaturi in mejo plastičnosti pri sobni temperaturi oziroma faktor izkoriščenosti jekla, ki predstavlja le enega od možnih načinov določitve kritične temperature.

TERMIČNI RAZTEZEK JEKLA

Linearni toplotni raztezek konstrukcijskega jekla je $14 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [ENV 1993-1-2:1995], kar pomeni, da se 10 m dolg konstrukcijski element, segret na 500 °C, podaljša za približno 7 cm. Ta toplotni raztezek povzroči v jekleni konstrukciji dodatne napetosti ali pa celo porušitev podpora ali zidu, na katerega se naslanja.

FAKTOR PROFILA F_p

Faktor profila je razmerje med izpostavljeno površino in volumnom jekla. Za obložene elemente je to razmerje med notranjo površino izpostavljene obloge in volumnom jekla. Za linijske elemente lahko poenostavimo: faktor profila je razmerje med izpostavljenim obsegom profila in njegovim presekom. Faktor profila bistveno vpliva na hitrost segrevanja jeklenega elementa: čim manjši je faktor profila oziroma čim bolj masiven je pro-



Slika 1: Padec meje plastičnosti konstrukcijskega jekla v odvisnosti od temperature po DIN 4102-4

fil, daljši čas je potreben za njegovo segrevanje do kritične temperature. Enačbe za izračun faktorja profila so navedene na sliki 2 [ENV 1993-1-2:1995].

TEMPERATURA NEZAŠČITENEGA JEKLENEGA PROFILA [HASS, R., CLAUS MEYER-OTTENS, C., RICHTER, E., 1994]

S poznavanjem temperaturnega poteka požara, prestopa toplote na izpostavljeno površino jekla in prevoda toplote v jeklu, lahko z rešitvijo Fourierjeve diferencialne enačbe izračunamo nestacionarno temperaturno polje jeklenega profila. Zaradi velike toplotne prevodnosti jekla lahko izračun poenostavimo tako, da predpostavimo enako temperaturo po celotnem preseku jeklenega profila in dobimo enačbo povišanja temperature jeklenega linijskega elementa v določenem času (1):

$$\Delta T_a = \frac{\alpha}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \frac{A_m}{V} \cdot (T_i - T_s) \cdot \Delta t, \quad (1)$$

kjer je:

$\alpha = \alpha_c + \alpha_r$: koeficient prestopa toplote z upoštevanjem konvekcije in sevanja ($\text{W/m}^2\text{K}$)

$\alpha_c = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (konvekcija),
 $\alpha_r = q_r / (T_i - T_s)$ (sevanje), (2)

$$\alpha_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot [(T_i + 273)^4 - (T_s + 273)^4], \quad (3)$$

kjer je:

ε : emisijski koeficient (-)

σ : Štefan-Boltzmanova konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

c_a : specifična toplota jekla (600 J/kgK)

$$c_a = 425 + 0,773 \cdot T_a - 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot T_a^2 + 2,22 \cdot 10^{-6} \cdot T_a^3 \quad (\text{pri } 20^\circ\text{C} \leq T_a < 600^\circ\text{C}), \quad (4)$$

ρ_a : gostota jekla (7850 kg/m³)

A_m : požaru izpostavljena površina dolžinskega metra jeklenega profila (m^2/m)

V : volumen dolžinskega metra jeklenega profila (m^3/m)

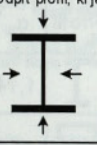
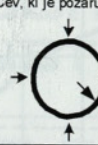
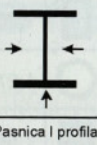
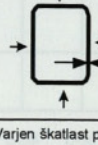
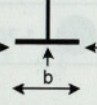
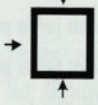

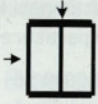
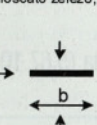
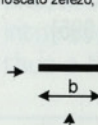
T_i : srednja temperatura požara v časovnem intervalu Δt (°C)

T_s : srednja temperatura jekla v časovnem intervalu Δt (°C)

Δt : časovni interval v sekundah

Z iterativno rešitvijo zgornje enačbe, pri čemer mora biti časovni interval dovolj majhen ($\Delta t \leq 2500 / (A_m/V) \geq 5 \text{ s}$), dobimo temperaturo golega jeklenega profila, izpostavljenega standardnemu požaru, ki je navedena v preglednici 1.

Iz preglednice 1 je razvidno, da je kritična temperatura nezaščitenega jekla presežena že po desetih do dvajsetih minutah standardnega požara.

<p>Odprt profil, ki je požaru izpostavljen z vseh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{\text{obseg}(m)}{\text{presekok profila}(m^2)}$	<p>Cev, ki je požaru izpostavljena z vseh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{1}{t}$
<p>Odprt profil, ki je požaru izpostavljen s treh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{\text{izpostavljen obseg}(m)}{\text{presekok profila}(m^2)}$	<p>Škatlast profil, ki je požaru izpostavljen z vseh strani</p>  <p>pri $t \ll b$: $f_p = \frac{o}{A} = \frac{1}{t}$</p>
<p>Pasnica I profila, ki je požaru izpostavljena s treh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{(b + 2t)}{b \cdot t}$ <p>pri $t \ll b$: $f_p = \frac{o}{A} = \frac{1}{t}$</p>	<p>Varjen škatlast profil, ki je požaru izpostavljen z vseh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{2 \cdot (b + h)}{\text{presekok profila}}$
<p>Odprt profil, ki je požaru izpostavljen z vseh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{1}{t}$	<p>I profil z ojačitvami, ki je požaru izpostavljen z vseh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{2 \cdot (b + h)}{\text{presekok profila}}$
<p>Ploščato železo, ki je požaru izpostavljeno z vseh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{2 \cdot (b + t)}{b \cdot t}$ <p>pri $t \ll b$: $f_p = \frac{o}{A} = \frac{2}{t}$</p>	<p>Ploščato železo, ki je požaru izpostavljeno s treh strani</p>  $f_p = \frac{o}{A} = \frac{(b + 2t)}{b \cdot t}$ <p>pri $t \ll b$: $f_p = \frac{o}{A} = \frac{1}{t}$</p>

Slika 2: Faktor profila za požarno nezaščitene jeklene profile in profile s požarnozaščitnim premazom

možno doseči z intumescentnimi premazi, v nekaterih primerih pa tudi majhna trajnost in odpornost proti klimatskim spremembam. V vsakem primeru je kvaliteta požarnozaščitnega intumescentnega sistema odvisna od kompatibilnosti temeljnega (antikorozijskega) premaza, intumescentnega sloja in zaključnega premaza.

IZVEDBA POŽARNOZAŠČITNEGA SISTEMA

Jekleni konstrukcijski deli morajo biti pred začetkom nanašanja intumescentnega sistema očiščeni s peskanjem. Temeljni premaz ima v intumescentnem sistemu dvojno nalogo: predvsem mora nuditi korozijsko zaščito, dodatno pa mora zagotoviti oprijemljivost intumescentnega premaza. Večinoma se uporabljajo dvokomponentni epoksidni premazi, vključno z epoksidi z dodatkom cinka, ki pa niso primerni za premaze na vodni osnovi [Stewart, 2001]. Lahko se uporabljajo tudi hitro sušiči alkidni temelji, niso pa primerni temelji z aluminijevim pigmentom, ker je pri povišani temperaturi oprijem slab. Če se uporablja temelj, ki ga ne dobavlja proizvajalec intumescentnega premaza, je treba preveriti kompatibilnost premazov. V nobenem primeru debelina temelja ne sme biti večja od 150 μm.

Zaključni sloj daje dekorativen videz in zaščiti intumescentni premaz pred vplivom okolja. Ker lahko vpliva na obnašanje intumescentnega premaza v požaru, je treba preskusi požarne odpornosti opraviti s preskušanci, na katerih je nanešen celoten intumescentni sistem.

PREŠKUŠANJE POŽARNE ODPORNOSTI JEKLENIH KONSTRUKCIJ, NA KATERE JE NANESEN INTUMESCENTNI PREMAZ

Po Pravilniku o obveznem atestiranju

Čas	Temperatura požara (°C)	Temperatura jekla (°C) s faktorjem profila (1/m)						
		30	50	100	150	200	250	300
0	20	20	20	20	20	20	20	20
10	678	142	209	345	442	509	555	586
20	781	316	448	630	700	725	733	737
30	842	483	632	739	788	816	827	831
40	885	620	733	842	870	876	878	879
50	918	716	803	902	910	912	913	914
60	945	756	893	935	939	941	942	942
70	968	842	943	960	963	965	965	966
80	988	917	972	982	984	985	986	986
90	1008	965	994	1000	1002	1003	1004	1004

Preglednica 1: Izračunana temperatura nezaščitene jeklene konstrukcije, ki je izpostavljen standardnemu požaru

PREDNOSTI IN POMANJKLJIVOSTI INTUMESCENTNIH PREMAZOV

Intumescentni premazi imajo nekaj prednosti pred ostalimi načini požarne zaščite jeklenih konstrukcij [Stewart, 2001]:

- omogočajo hitro izvedbo požarne zaščitne konstrukcije,
- vidna je oblika jeklene konstrukcije - dekorativen videz,
- ne povečuje obsega jeklene konstrukcije, zaradi česar ostane več prostora

za napeljave, ki gredo skozi ali ob jekleni konstrukciji,

- s premazi za zunanjo uporabo je možno izvesti požarno zaščito še pred zapi-ranjem zgradbe,
- so cenejši kot požarnozaščitne obloge,
- manjše poškodbe ne vplivajo bistveno na zmanjšanje požarne odpornosti,
- možno je enostavno popravilo poškodovanih delov.

Glavna pomanjkljivost je vsekakor razme-roma majhna požarna odpornost, ki jo je

elementov tipskih gradbenih konstrukcij, po katerem je ZAG Ljubljana pooblaščen za izvajanje certificiranja, bi bilo treba za vsak element neke zgradbe opraviti preskus požarne odpornosti po JUS U.J1.100 (stebri) in JUS U.J1.114 (nosilci). To bi bila seveda neumnost, povezana z ogromnimi stroški preskušanja. Zato smo v preteklosti preskušanje požarnozaščitne učinkovitosti intumescentnih premazov izvajali v skladu z zahtevami nemškega pravilnika za izdajanje tehničnih soglasij za intumescentne premaze [Brandschutz im Bauwesen, Heft 22], zadnje čase pa upoštevamo tudi nov EN standard [prENV 13381-4]. Vsekakor je treba opraviti preskus požarne odpornosti jeklenih elementov, ki imajo različne faktorje profila in različne debeline nanosa.

Po DIN 4102/2 je potrebno za eno debelino premaza in za vse faktorje profila do 300 m⁻¹ opraviti preskus požarne odpornosti nosilca IPE 140, ki ima faktor profila 291 m⁻¹, ter stebra $\phi 139,7 \times 3,6$ s faktorjem profila 285 m⁻¹. Poleg tega se opravi preskus na 5 mm debelih jeklenih ploščah velikosti 500 mm x 500 mm. Na enakih ploščah se opravi preskus tudi po dveh in petih letih staranja premaza.

Standard prENV 13381-4 določa potrebno število preskušancev za preskus oprijemljivosti požarnozaščitnega premaza na obremenjenih in neobremenjenih elementih, poleg tega pa še množico krajših profilov z različnimi faktorji profila in različnimi debelinami premaza. Preskusne zahteve določa standard SIST EN 1363-1.

KLASIFIKACIJA POŽARNE ODPORNOSTI

Na podlagi rezultatov preskušanja se naredi klasifikacija požarne odpornosti v skladu s standardom prEN 13501-2, točka 7.4.6.5: Jekleni elementi zaščiteni s premazi ali oblogami. Rezultati ocene se navajajo v obliki preglednic in diagramov za požarne odpornosti R 15, R 30, R 45, R 60, ... Vsaka preglednica ali diagram določa minimalno debelino požarnozaščitnega premaza, ki zagotavlja, da temperatura jeklenega profila 350 °C, 400 °C, 450 °C ... 750 °C, ni prekoračena. To pomeni, da lahko iz preglednice ali diagrama za zahtevano požarno odpornost jeklenega konstrukcijskega elementa določimo potrebno debelino požarno-zaščitnega premaza na jeklenem profilu, ki smo mu pred tem določili faktor profila in kritično temperaturo.

CERTIFICIRANJE INTUMESCENTNIH PREMAZOV

Za sedaj še ni harmoniziranega evropskega standarda, ki bi določal postopek certificiranja požarnozaščitnih intumescentnih premazov. Po Pravilniku o obveznem atestiranju elementov tipskih gradbenih konstrukcij bi bilo treba zaradi podaljševanja veljavnosti izdanega certifikata preskušanje požarne odpornosti opraviti vsake dve leti. To je verjetno nesmiselno, če se lahko s kontrolnimi preskusi dokaže, da je premaz enak premazu, ki je bil na prvem tipskem preskusu. Zato se v Požarnem laboratoriju ZAG Ljubljana ravnamo po nemškem pravilniku in izvajamo kontrolna preskušanja premaza tako, da ga v zahtevani debelini nanesemo na 5 mm debelo jekleno pločevino velikosti 50 cm x 50 cm in to ploščo izpostavimo standardnemu požaru. Če je penjenje premaza in povišanje temperature pločevine enako, kot je bilo med prvim tipskim preskusom, je to zadosten dokaz, da se kakovost premaza ni spremenila. Poleg tega se na gradbiščih izvaja tudi kontrola debelin sistema. Certificiran intumescentni sistem je treba označevati s certifikacijskim znakom.

Proizvod: **Požarnozaščitni premaz**

.....

Proizvajalec: **xy**

Požarna odpornost: **30 minut**

Certifikat o skladnosti št. **xxxx/LL**

Leto izdelave: **2002**



ZAG

Slika 3: Certifikacijski znak, s kakršnim mora biti označena jeklena konstrukcija, na katero je nanešen požarnozaščitni intumescentni premaz

LITERATURA

Brandschutz im Bauwesen (BRABA), Heft 22, Del I in II, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1981.

DIN 4102, del 2: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Begriffe Bauteile; Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102, del 4: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung Klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile

ENV 1993-1-2:1995: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design (Eurocode 3)

- Hass, R., Claus Meyer-Ottens, C., Richter, E.: Stahlbau Brandschutz Handbuch, Ernst&Sohn Verlag, Berlin, 1994.
 prEN 13501-2: Fire classification of construction products and building elements, Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services
 prENV 13381-4: Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied protection to steel members
 Rebec, A., Hajduković, M., Kržič, F., Banovec, J., Požarna odpornost nosilnih jeklenih konstrukcij, Raziskovalna naloga ZRMK-IKFIS, Ljubljana, 1989.
 Stewart, I., Prime considerations, Fire Prevention 351, december, 2001.

NATEZNI TRAKOVI PRI MOSTOGRADNJI

STRESS-RIBBON BRIDGES

STROKOVNI ČLANEK

UDK 625.745.1

ROK MLAKAR, VIKTOR MARKELJ, BRANKO S. BEDENIK

P O V Z E T E K

V prispevku je predstavljena konstrukcijska zasnova mostov za pešce, zgrajenih po tehnologiji natezних trakov. Natezni trakovi sicer niso nič novega, saj jih po svetu gradijo že najmanj tri desetletja, vendar so zaradi svojevrstnih lastnosti še dandanes zelo redki. Na svetu je zgrajenih le nekaj deset modernih natezних trakov, največ v nekdanji Češkoslovaški in Nemčiji. Poleg splošnega opisa tehnologije in kratkem pregledu stanja, vsebuje prispevek tudi predlog za uporabo takšne konstrukcije za most za pešce in kolesarje čez Dravo v Mariboru.

S U M M A R Y

In the paper, design and technology of stress-ribbon footbridges are introduced. Stress-ribbon bridges, having been built for some decades now, are nothing new in the world of structural engineering, but due to their unique nature, they are still very rare. Up till now there have been a couple of dozen stress-ribbons built all over the world, most of them in the former Czechoslovakia and Germany. Along with the general description of technology and a state-of-the-art this paper includes a proposal for the use of such structure for the pedestrian bridge over the river Drava in Maribor.

Avtorji:

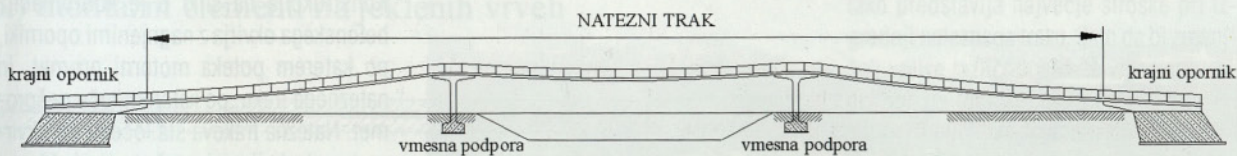
Rok MLAKAR, univ. dipl. inž. grad., PONTING d.o.o. Inženirski biro, Strossmayerjeva 28, 2000 MARIBOR
 Viktor MARKELJ, univ. dipl. inž. grad., PONTING d.o.o. Inženirski biro, Strossmayerjeva 28, 2000 MARIBOR
 Prof. dr. Branko S. BEDENIK, univ. dipl. inž. grad., Fakulteta za gradbeništvo Maribor, Smetanova 17, 2000 MARIBOR

1 UVOD

Mostovi v obliki natezних trakov (Spannbandbrücken, stress-ribbon bridges) so konstrukcije, ki so sestavljene iz natez-

nih kablov in tankih betonskih plošč, po katerih običajno poteka peš in kolesarski promet [Eibl, 1973]. Ime "Spannbandbrücke jim je dal nemški inženir U. Finsterwalder, ki je leta 1969 razvil prvo

sodobno mostno konstrukcijo te vrste. V traku se pojavijo predvsem nategi. Trak zavzame obliko visečega kabla (vrvi, verige) pod lastno težo. Konstrukcije izdelane po tehnologiji natezних trakov, so



Slika 1: Klasična oblika nateznega traku.



Slika 2: Eden prvih nateznih trakov, Derbyshire, Velika Britanija (Faber, O., 1975).



Slika 3: Most za pešce pri kraju Prerov, Češka (Strasky, J., 1983) [Strasky, 1986].

lahko izredno vitke in elegantne, ne potrebujejo številnih vmesnih podpor in se lahko zelo lepo vključijo v okolico. V njihovi nevsiljivi in lahkotni obliki se preprosto in neposredno zrcali potek sil.

Po pravilu so natezni trakovi sestavljeni iz jeklenih elementov visoke natezne trdnosti (jekleni kabli) in betonskih plošč (krovne montažne plošče). Deformacija upogljivega nateznega traku povzroča v podporah upogibne napetosti in zasuke, kar zahteva ustrezno zasnovano celotno konstrukcijo. Če natezni trak ni členkasto podprt, so v podporah potrebna sedla oziroma upogljiva ležišča. Lahko pa natezni trak na opornike in stebre povežemo tudi toga. Na sliki 1 je prikazana konstrukcija mostu z nateznim trakom. Značilna je majhna debelina plošče, ki tudi pri večjih razponih (več kot 150 m) praviloma ni večja od 30 cm. Posledica je majhna poraba betona in nizki stroški opaženja. Razmeroma majhna teža in ob konstantnem razmerju razpona in puščice (povesa) le linearno naraščajoča natezna sila omogočata veliko večje razpone kot običajne betonske konstrukcije. Razponi bi tako lahko dosegli teoretično tudi 600 m, kar je bilo do sedaj možno doseči le

z visečimi in obešenimi konstrukcijami. Ker pa veliki razponi pomenijo tudi večjo porabo jekla in večje stroške sidranja nosilnih kablov v krajnih opornikih, se razponi med krajnimi oziroma vmesnimi podporami v praksi gibljejo med 50 in 200m [Strasky, 1986].

2 PREGLED STANJA

Do danes so na svetu zgradili približno 30 nateznih trakov, prvega najverjetneje

1975 v Angliji, v fazi projektiranja pa je še najmanj 10 mostov. Natezni trakovi so najbolj priljubljeni med češkimi in nemškimi konstrukterji, najdemo pa jih tudi v Ameriki, Aziji in na Japonskem.

Most na sliki 2 je bil zgrajen okoli leta 1975 in velja za prvega predstavnika nateznih trakov. Razpon mostu znaša 34 m, debelina plošče je 160 mm. Železna ograja poleg svojega osnovnega namena igra tudi zelo pomembno vlogo pri dušenju vibracij. Kljub temu da je most



Slika 4: Most za pešce Praga-Troja, Češka (Strasky, J., 1984) [Strasky, 1986].

R. MLAKAR, V. MARKE LJ, B.S. BEDENIK: Natezni trakovi pri mostogradnji



Slika 5: Most za pešce na igrišču za golf, Santa Fe ZDA.



Slika 6: Most preko Donave, Ingolstadt, Nemčija (Schlaich, J., 2000) [www.sbp.de].

star že skoraj 26 let in še ni doživel večjih popravil, je v zelo dobrem stanju. Beton je rahlo razpokan le na mestih, kjer je vgrajena ograja, kar pa kaže na to, da je potrebno vse konstrukcijske detajle izvesti zelo natančno.

Prvi natezni trak z dvema razponoma 28.50 m + 67.50 m in skupno dolžino 102.0 m je prikazan na sliki 3. Največji povos na večjem razponu znaša 1.42 m. Most je temeljen na mikropilotih.

Most na sliki 4 ima tri razpone 85.50 m

+ 96.00 m + 67.50 m in skupno dolžino 261.20 m. Velja za nekakšnega ambasadorja med sorodnimi konstrukcijami. Povos na srednjem razponu znaša 1.69 m. Velika horizontalna sila se prenaša v tla s kombinacijo diafragem in mikropilotov.

Most na sliki 5 v Santa Feju je eden izmed treh natezih trakov, ki so jih zgradili v Združenih državah Amerike. Razponu mostu znaša približno 95.0 m, skupna širina mostu je 4.5 m, betonski prerez pa je debel 40 cm.

Konstrukcija na sliki 6 je kombinacija betonskega okvirja z nagnjenimi oporniki, po katerem poteka motorni promet, in nateznega traku, po katerem teče pešpromet. Natezna trakova sta ločena od okvirne konstrukcije, njuna krovna plošča pa ima obliko nosilnih kablov.

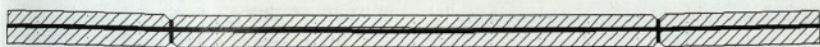
3 TEHNOLOGIJA NATEZNIH TRAKOV

3.1 KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI – MATERIALI

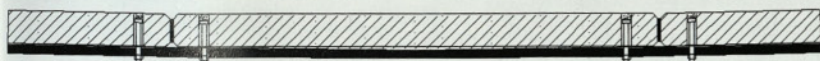
Natezne trakove sestavljajo konstrukcijski elementi, ki so značilni za konstrukcije, zgrajene po tej tehnologiji. Zgornjo konstrukcijo tvorijo natezni jekleni elementi in armiranobetonska krovna plošča. Natezni elementi so največkrat jekleni kabli oziroma vrvi visoke natezne trdnosti (slika 7a), včasih tudi jekleni trakovi (slika 7b). Krovno ploščo tvorijo vnaprej izdelani montažni elementi (minimalna marka betona MB 40), ki zagotavljajo togost konstrukcije, pohodno površino, po naknadnem prednapenjanju pa zagotavljajo antikorozijsko zaščito kablov in s tem tudi trajnost konstrukcije. Da bi zmanjšali vplive krčenja in lezenja, se montažni elementi izdelajo 6 do 12 mesecev pred montažo. Prečne grede ali zavetrovanja niso potrebna. Krovno ploščo lahko izdelamo tudi na mestu s pomičnimi opaži (slika 7c), vendar je takih primerov v praksi malo, ker je cena takih konstrukcij zaradi višjih stroškov opaženja višja.

Spodnjo konstrukcijo predstavljajo masivni armiranobetonski krajni oporniki in vmesne podpore. Krajni oporniki, s katerimi prevzemamo velike horizontalne sile, ki so značilne za natezne trakove, so temeljeni na injektirnih pilotih, mikropilotih ali pa so s sistemom zemeljskih sider sidrani v tla. Pri velikih obremenitvah se uporablja tudi kombinacija pilotov in sider. Horizontalna togost opornikov, ki je odvisna tako od temeljne zemljine kot od oblike opornika, močno vpliva na povos nateznega traku. Izdelava opornikov s sistemom sidranja velikih natezih sil

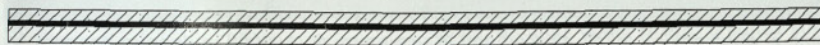
a.) montažni elementi na jeklenih vrveh



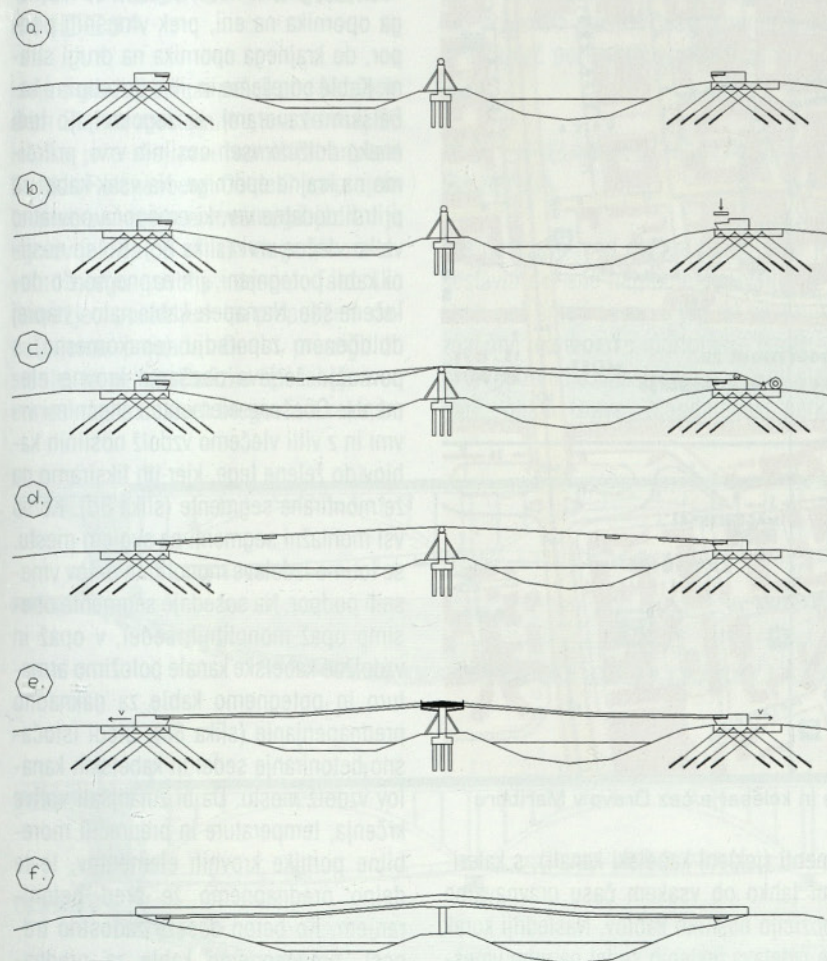
b.) montažni segmenti na jeklenem traku



c.) monolitna plošča na jeklenih vrveh



Slika 7: Različni tipi nateznih trakov.



Slika 8: Proces gradnje po gradbenih fazah [Strasky, 1986].

tako predstavlja največje stroške pri izgradnji nateznega traku. Zato da bi zmanjšali vplive različnih obtežb v posameznih poljih, so vmesne podpore v vzdolžni smeri mostu oblikovane kot členkasto podprti stebri. Tako se znebimo upogibnih momentov na stiku stebra in temelja.

Togost konstrukcije je posledica lastne teže plošč in njihove upogibne togosti. Če povečujemo razmerje g/p , se deformacije zaradi koristne obtežbe zmanjšujejo. Zaradi svoje vitkosti so lahko natezni trakovi občutljivi za vibracije. Zaradi načina gradnje so konstrukcije te vrste v tlorisu ravne.

Za mostove z več razponi moramo določiti geometrijo posameznih razponov tako, da na vmesnih podporah izenačimo horizontalne sile zaradi lastne teže [Strasky, 1986]. Večji poves v posameznem polju zmanjša horizontalno silo. Ker pa je vzdolžni nagib ponavadi omejen, pomeni ta omejitev tudi omejitev povesa.

Iz togostnih razlogov je sodelovanje betonske plošče pri prenašanju obtežb ponavadi zelo zaželeno. To dosežemo s prednapenjanjem, kar zmanjša deformacije, vplive krčenja in lezenja. Krčenje in lezenje vplivata na natezne trakove bolj kot na navadne konstrukcije. Zaradi skrčenja plošče pri prednapenjanju se zmanjša poves, kar neizogibno pomeni večjo horizontalno silo. Naknadno prednapenjanje ima med drugim tudi ugoden vpliv na dinamično odzivanje konstrukcije. Posebno vlogo pri dinamičnem obnašanju konstrukcije igrajo tudi ograje (dušenje vibracij), zato je potrebno zelo premišljeno izdelati posamezne konstrukcijske detajle.

3.2 TEHNOLOGIJA GRAJENJA – GRADBENE FAZE

Natezne trakove gradimo na več načinov, vendar lahko proces gradnje razdelimo na pet bolj ali manj stalnih gradbenih faz (slika 8).

R. MLAKAR, V. MARKELJ, B.S. BEDENIK: Natezni trakovi pri mostogradnji



Slika 9: Razlika med levim bregom (Lent z gostinskimi lokali, trgovinami in urejenimi parkirišči) in desnim bregom (pusto Taborsko nabrežje) reke Drave.



Slika 10: Lega novega mosta za pešce in kolesarje čez Dravo v Mariboru

Najprej se izdelajo masivni oporniki, sidrni bloki in vmesne podpore (slika 8a). Nato se na krajnih opornikih na elasto-merna ležišča položijo krajni segmenti, ki so opremljeni z jeklenimi vodilnimi ele-

menti (jekleni kabelski kanali), s katerimi lahko ob vsakem času uravnavamo pozicijo nosilnih kablov. Naslednji korak je izdelava jeklenih sedel na vrhu vmesnih podpor in njihova stabilizacija, slika 8b. S posebnimi vitli in vlečnimi vrvmi

nato potegnemo nosilne kable od krajnega opornika na eni, prek vmesnih podpor, do krajnega opornika na drugi strani. Kable odrežemo in jih s posebnimi kabelskimi zavorami, ki zagotavljajo tudi enako dolžino vseh nosilnih vrvi, pritrdimo na krajne opornike. Na vsak kabel se pritrdi dodatna vrv, ki omogoča povratno vleko vlečne vrvi (slika 8c). Ko so nosilni kabli potegnjeni, jih napnemo do določene sile. Na napete kable nato v naprej določenem zaporedju (enakomerno) s pomočjo žerjava obešamo krovne elemente. Obešene elemente z vlečnimi vrvmi in z vitli vlečemo vzdolž nosilnih kablov do želene lege, kjer jih fiksiramo na že montirane segmente (slika 8d). Ko so vsi montažni segmenti na svojem mestu, se lotimo izdelave monolitnih delov vmesnih podpor. Na sosednje segmente obešimo opaž monolitnih sedel, v opaž in vzdolžne kabelske kanale položimo armaturo in potegnemo kable za naknadno prednapenjanje (slika 8e). Sledi istočasno betoniranje sedel in kabelskih kanalov vzdolž mostu. Da bi zmanjšali vplive krčenja, temperature in preprečili morebitne pomike krovnih elementov, le-te delno prednapnemo že pred betoniranjem. Ko beton doseže zadostno trdnost, prednapnemo kable za prednapenjanje z določeno silo in jih zainjektiramo. Na koncu še obdelamo pohodno

površino in zmontiramo ograje (slika 8f).

4 GRADNJA NATEZNIH TRAKOV V SLOVENIJI

Po našem vedenju v Sloveniji še nimamo zgrajenega nateznega traku. Tudi zato je bila diplomska naloga [Mlakar, 2001] namenjena obravnavi teh konstrukcij. V diplomu je bila izdelana tudi študija izvedbe nateznega traku prek reke Drave na Lentu v Mariboru, ki je bila s pomočjo mentorjev in inženirskega biroja Ponting d.o.o. iz Maribora obdelana na nivoju glavnega projekta.

4.1 MOST ZA PEŠCE IN KOLESARJE NA LENTU V MARIBORU – NAMEN IN IDEJA

Ideja o gradnji brvi za pešce pod Mariborskim Starim mostom je stara že vsaj 25 let, ko je o njej prvi razmišljal arhitekt Bogdan Reichenberg. Ob delih na projektu prenove starega mestnega jedra je ugotavljal, da ob velikih vlaganjih na levem bregu ostaja desni, Taborsko nabrežje, pozabljen in prepuščen nadaljnjemu propadu. Da bi presegli to stanje, ki ga karakterizira neenakopraven odnos mesta do dveh bregov iste reke, bo

potrebno vzpostaviti merila in principe javnega interesa.

V spremenjenih okoliščinah mestnega prenovitvenega procesa, ko v izvedbi ni več moči računati z združevanjem družbenega kapitala, je potrebno vse sile in znanje usmeriti v aktivnosti, ki imajo značaj spodbujevalcev nadaljnjega razvoja. To zlasti velja za izvedbo takih programov skupnega pomena, ki pospešujejo dogajanja v svoji okolici in ustvarjajo ugodne pogoje za normalni razvoj prenovitvenega procesa.

V primeru Taborskega nabrežja je prijemov več – rekonstrukcija obrežne ceste, ureditev obale Drave, ureditev komunalne infrastrukture itd.. Med vsemi mestnimi akcijami se zdi izgradnja novega mostu za pešce in kolesarje pod starim državnim mostom najpomembnejša in z največ pozitivnimi posledicami.

4.2 URBANISTIČNA ZASNOVA

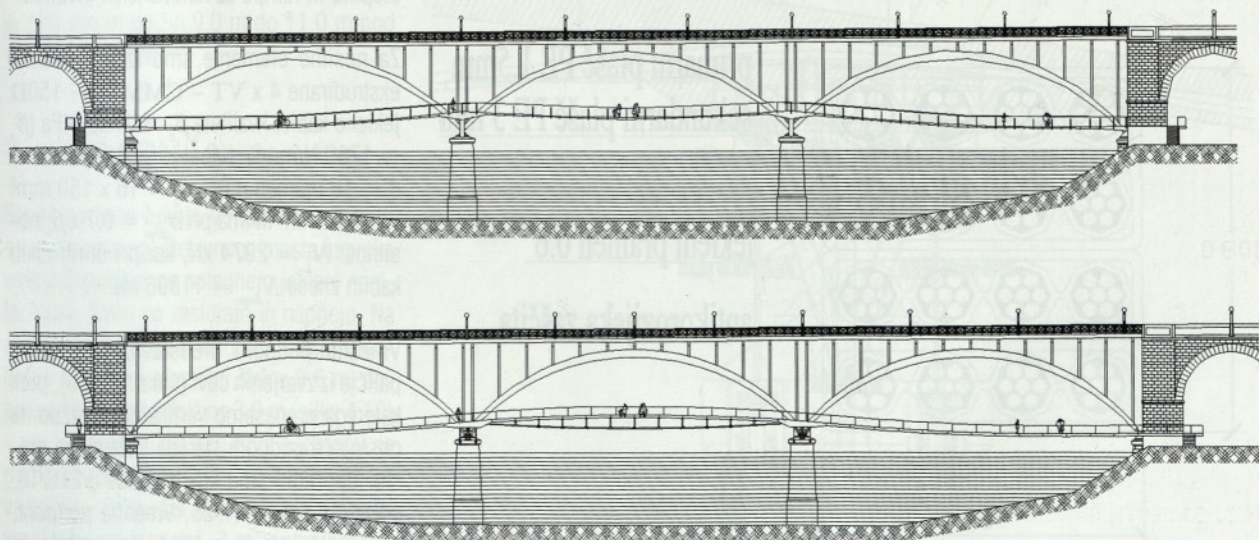
Peš povezava med obema bregovoma je sestavni del ene najpomembnejših mestnih peš smeri sever – jug, ki povezuje značilne mariborske morfološke enote – naravno zaledje Slovenskih goric, mestni park, obalo Drave, Magdalenski park,

Betnavski gozd in obronke Pohorja. Pešpot na obali Drave je v bistvu ponovitev pešpoti, ki poteka po državnem mostu, vendar ta zaradi svoje odmaknjenosti ne more vplivati na razmerja na Lentu in Taborskem nabrežju. Višinska razlika (okoli 14 m) onemogoča komunikacijo skozi mestne predele, ki tako še vedno ostajajo zunaj pomembnih mestnih poti.

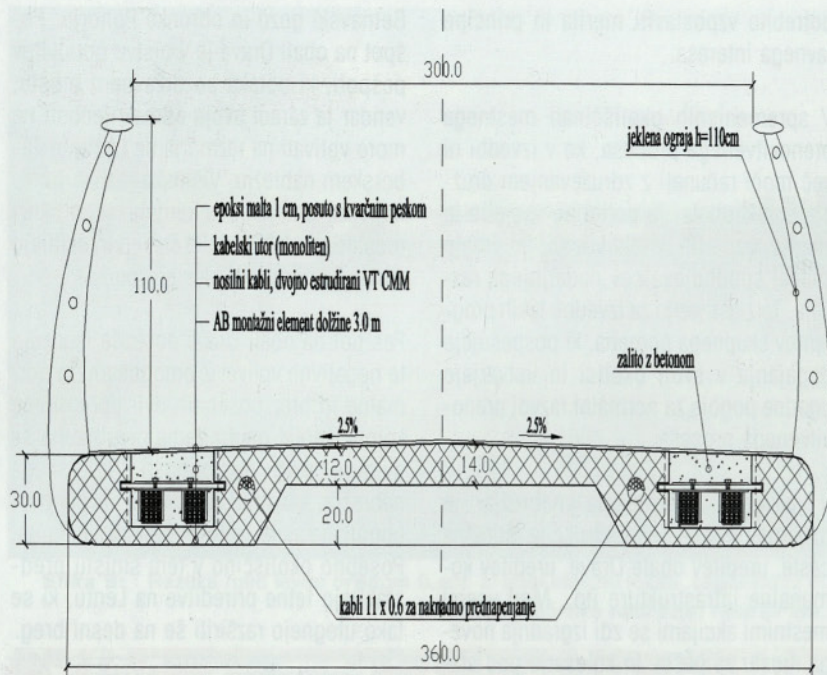
Peš pot na obali Drave poskuša izravnati te negativne vplive. Z omogočanjem normalne in brez posebnih ovir opremljene komunikacije med obema bregovoma se dviguje nivo dostopnosti Taborskega nabrežja, kar predstavlja prvi in osnovni pogoj za kasnejša investicijska vlaganja. Posebno okoliščino v tem smislu predstavljajo letne prireditve na Lentu, ki se tako utegnejo razširiti še na desni breg.

Za pešce bi obravnavana povezava dobila še večji pomen po izgradnji načrtovanega podhoda pod glavnim trgom, iz Gosposke ulice na Lent. Spodnji most bi najbolj zaživel v sezoni, ko je največ življenja na Lentu. V času poletnega festivala, ko nam ob vodi zmanjkuje prostora, bi se del aktivnosti lahko prenesel tudi na desni breg, kjer bi se na ta način začela revitalizacija.

Omeniti velja tudi kolesarski promet. Stari most je za kolesarje prometno zelo



Slika 11: Klasična oblika nateznega traku (zgoraj) in modificirana varianta (spodaj)



Slika 12: Karakteristični prečni prerez

nevaren objekt predvsem zaradi gostega motornega prometa, ozkega hodnika, ki si ga delijo pešci in kolesarji, kakor tudi zaradi slabe navezave kolesarskih stez na obeh straneh (problem kolesarjev je poskusila reševati tudi zadnja sanacija vozišča na mostu s spremenjenimi širinami in novo obliko robnika med voziščem in hodnikom). Spodnja povezava je za kolesarje mnogo bolj prijazna, saj ni motornega prometa, pa tudi navezave na

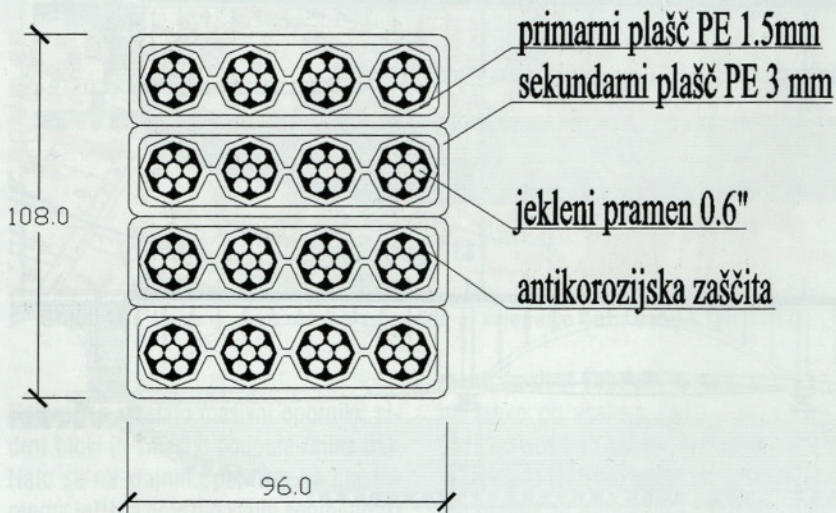
manj prometne ceste so lažje [Reichenberg, 2000].

Most širine 3.60 m, podprt na obstoječih kamnitih opornikih, je zasnovan po tehnologiji nateznega traku, ki zagotavlja želeno vitkost konstrukcije. Izjemno tanka konstrukcija skupaj z višinsko zasnovano objekta (min 3.0 m nad gladino v srednjem delu) omogočata tudi realizacijo rečnega prometa.

4.3 OPIS OBJEKTA

Novi most za pešce in kolesarje na Lentu v Mariboru, poimenovali ga bomo "Brv", bo zgrajen po tehnologiji nateznih trakov. Most-Brv ni tipičen natezni trak, kot smo jih prikazali v prvem in drugem poglavju, ampak gre za t. i. modificiran natezni trak. Bistveno se od sorodnih konstrukcij razlikuje v sredinskem polju, ko nosilni jekleni kablji zapustijo betonski preoz (uporabimo posebne jeklene razpore). Niveleta mostu ima torej konkavno (1. polje), konveksno (2. polje) in konkavno (3. polje) obliko in ne stalno konkavno obliko, kot je za natezne trakove značilno (slika 11).

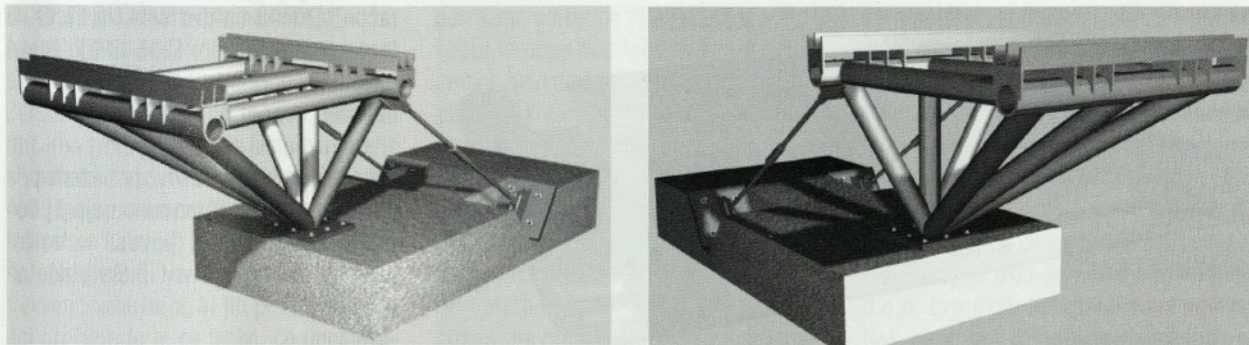
Brv ima tri glavne razpone po 42.0 m (enako kot stari jekleni loki Državnega mosta), skupno pa je dolga ca. 143.0 m. Svetla uporabna širina med ograjama znaša 3.00 m, skupna širina pa je 3.60 m. Celotna betonska konstrukcija v obliki plošče – traku, ki ji dajejo nosilnost jekleni kablji, stabilnost pa teža betona in prednapetost, je debela samo 30.0 cm. Niveleta ima predvideno konkavno konveksno obliko s puščico 66.0 cm in maksimalnim vzdolžnim naklonom, manjšim od 10 %. Pod mostom je predviden tudi prostor za navtični promet po reki Dravi višine vsaj 2.0 m pod krajnimi razponi in vsaj 3.0 m pod srednjim. Dostopi na brv so urejeni preko stopnic in rampe za kolesarje in invalide.



Slika 13: Prerez kabla 4 VT - CMM 04 - 150D

Za nosilne elemente smo izbrali dvakrat ekstrudirane 4 x VT - CMM 04 - 150D jeklene kable, kvalitete $\beta_z = 1760$ MPa ($\beta_z = 1760$ N/mm²). Kabel je sestavljen iz 4 x 4 = 16 pramenov 0.6", $A_s = 16 \times 150$ mm² = 2400 mm² in ima pri $\sigma_{dop} = 0.7 \times \beta_z$ nosilnost $N_1 = 2974$ kN, kar pri štirih takih kabljih zneso $N_{dop} = 11896$ kN.

Vmesno podporo predstavlja prostorsko paličje iz zvarjenih cevi (slike 14 - 16), prek katerega prenesemo vertikalno obtežbo na obstoječe podpore starega Državnega mostu. Uporabili smo cevi profilov $\phi 216/10$, $\phi 216/16$ ter $\phi 241/25$. Vmesna podpora, predpostavimo da je členkasto podprta, je v prečni smeri držana z dvema jeklenima za-



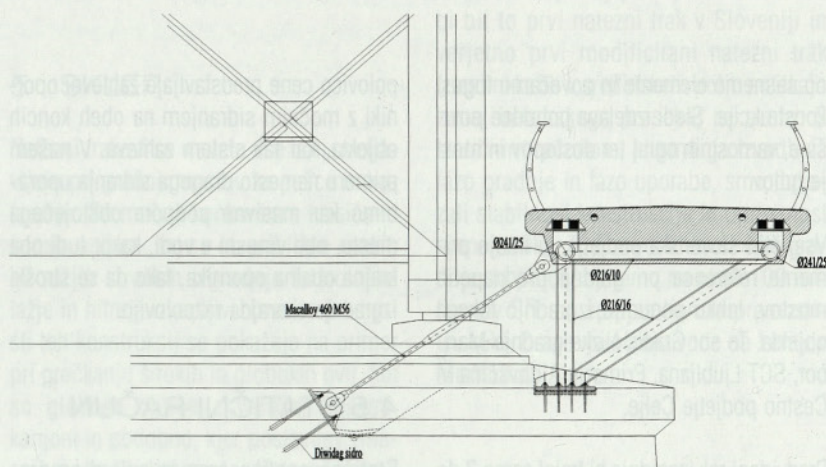
Slika 14: Računalniški geometrijski model vmesne podpore

tegama tipa Macalloy 460 M56 ($N_{dop} = 945$ kN), s katerima lahko preko posebne- ga navoja tudi uravnavamo njeno prečno pozicijo. Na vzdolžne cevi so prek profilov iz jeklene pločevine debeline 2.0 cm, pri- varjena jeklena sedla, preko katerih vodimo nosilne kable. Jeklena sedla, vzdolžni vo- dilni kanali, imajo obliko radija $R = 4.0$ m ($R_{min} = 2.6$ m – minimalni radij kriv- ljenja kablov).

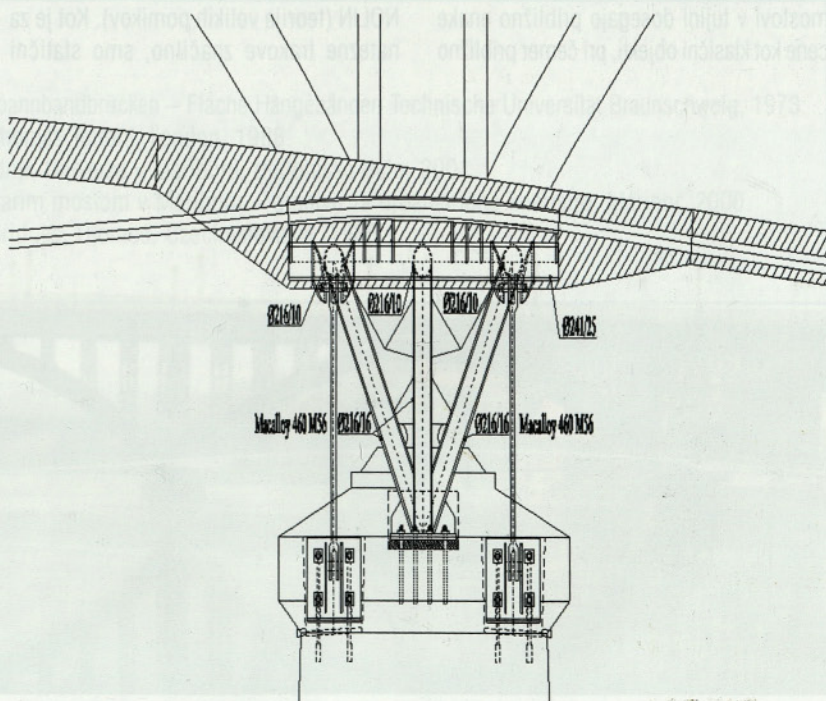
Za natezne trakove so značilni masivni krajni oporniki za prenos velike horizontalne sile. V našem primeru uporabimo kar obstoječe opornike starega Državnega mosta, skozi katere izvrtamo luknje. Skozi te potegnemo nosilne kable in jih zasidramo. Zaradi do- datnih horizontalnih obremenitev opornikov le te konstruktivno ojačimo s pomočjo be- tonskega obroča, katerega sestavni del so tudi dostopni podest s stopniščem in ram- po za kolesarje in invalide. Za sidranje vo- doravnih sil služi še po pet uvrtnih pilotov $\phi 100$ cm in dolžin 9.0 m do 11.0 m pod vsakim obročem.

4.4 GRADNJA

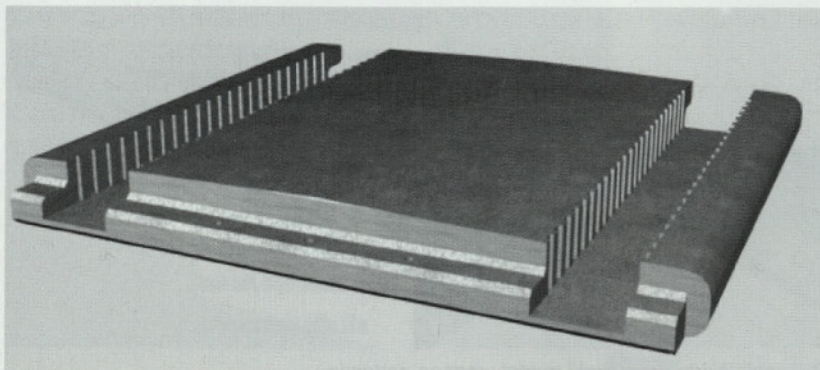
Skozi izvrtane luknje v masivnih obalnih opornikih starega Državnega mosta in preko vmesnih podpor se potegnejo jekleni nosilni kable. Kable se zasidrajo in napnejo. Na zasidrane kable se montirajo armanobe- tonski montažni elementi širine 3.6 m, de- beline 30.0 cm in dolžine 3.0 m (slika 4.10) – po 12 v vsako od treh polj. Elementi se medsebojno povežejo z betoniranjem vzdolžnih utorov ter monolitnih delov nad vmesnimi podporami. Z napenjanjem ka- blov za naknadno prednapenjanje še dodat-



Slika 15: Prečni prerez vmesne podpore



Slika 16: Vzdolžni prerez vmesne podpore



Slika 17: Računalniški geometrijski model tipskega montažnega segmenta

no stisnemo elemente in povečamo togost konstrukcije. Sledi izdelava pohodne površine, varnostnih ograj ter dostopov in most je gotov.

Vsaj štiri slovenska podjetja, ki imajo primerne reference pri gradnji prednapetih mostov, lahko ponudijo izgradnjo takega objekta. To so: Gradis Nizke gradnje Maribor, SCT Ljubljana, Primorje Ajdovščina in Cestno podjetje Celje.

Predvideni rok izgradnje bi trajal samo 3 do 4 mesece, projektantski predračun za izgradnjo pa znaša okoli 100 milijonov SIT. Taki mostovi v tujini dosegajo približno enake cene kot klasični objekti, pri čemer približno

polovico cene predstavljajo zahtevni oporniki z močnim sidranjem na obeh koncih objekta, kar tak sistem zahteva. V našem primeru namesto dragega sidranja uporabimo kar masivne podpore obstoječega mostu, obe vmesni v vodi, kakor tudi oba krajna obalna opornika, tako da se stroški izgradnje skorajda razpolovijo.

4.5 STATIČNI RAČUN

Statično analizo smo izvedli s programom RM 2000 – Technische Datenverarbeitung GesmbH, Graz, Austria, v modulu NOLIN (teorija velikih pomikov). Kot je za natezne trakove značilno, smo statični

račun razdelili na dva dela, in sicer na fazo gradnje (nosilni kabli drsijo preko jeklenih sedel) in fazo uporabe (koristne obtežbe).

Pri statičnem računu vrvi (v našem primeru nosilni kabli) moramo najprej določiti obliko vrvi (poves, vzdolžni naklon), ki naj bi jo vrv imela glede na obtežbo.

Kontroliramo osno silo v kablu, ki je merilo stabilnosti konstrukcije (nosilnost kablov), le ta ne sme v nobenem primeru preseči dopustne sile v kablu $N_{dop} = 11896 \text{ kN}$ [Gimsing, 1988].

Statični račun je pokazal, da je konstrukcija dobro zasnovana in stabilna za obravnavane obtežne primere. Potrdila se je tako oblika konstrukcije kot tudi nosilnost izbranih kablov, saj sila v kablu v nobenem od obravnavanih obtežnih primerov ni preseгла $N_{dop} = 11896 \text{ kN}$. Tako lahko, glede na dobljene rezultate, štejemo konstrukcijo za varno glede porušitve kot tudi ustrezno glede na kriterije, ki določajo uporabnost konstrukcije, saj končna oblika skoraj popolnoma ustreza predpisani.



Slike 18: Fotomontaža načrtovanega nateznega traku na Lentu v Mariboru

4.6 DINAMIKA NATEZNIH TRAKOV

Zaradi nizke upogibne togosti, nizkega dušenja vibracij in nizkih lastnih frekvenc so natezni trakovi konstrukcije, ki so zelo občutljive za dinamične obtežbe. Lastne frekvence natezanih trakov se gibljejo med 0.7 Hz in 2.9 Hz, kar je tudi v rangu frekvenc vzbujanja, ki jih povzročajo pešci pri hoji, le te pa lahko, če upoštevamo tudi tek, narastejo do 4 Hz [Strasky, 1986]. Tako je hoja oziroma tek pešcev odločilna dinamična obtežba pri dinamični analizi natezanih trakov.

Če konstrukcija nima dodatnih sistemov, ki bi služili dušenju vibracij, potem sta lastna teža in upogibna togost konstrukcije tisti, ki stabilizirata sistem in prispevata največ k dušenju vibracij, ki jih povzročajo pešci. Ker je upogibna togost natezanih trakov zelo nizka, pri projektiranju težimo k čim večjemu razmerju g/p , saj s tem povečujemo dinamično stabilnost nateznega traku.

Dinamični odziv konstrukcije pa ni odvi-

sen samo od lastne teže, ki določa silo o kablu in upogibne togosti konstrukcije, ampak seveda tudi od vrste dinamične obtežbe, konkretno pri pešcih od števila in pozicije le-teh.

Pomembno vlogo pri dinamični analizi nateznega traku ima tudi veter prečno na most, zato je potrebno preveriti tudi odzivanje konstrukcije na vplive te dinamične obtežbe. Zaradi masivnih opornikov potres ne predstavlja direktne nevarnosti, mora pa dinamični račun obravnavati tudi potresno obtežbo.

5 SKLEP

Natezni trakovi se v svetu vse bolj uveljavljajo pri gradnji mostov za pešce in kolesarje. So močna konkurenca klasičnim konstrukcijam, saj so ob približno enakih ali nižjih stroških izgradnje tehnološko lažje in hitreje izvedljivi. Izrazite prednosti teh konstrukcij se pokažejo na primer pri prečkanju širokih in globokih ovir, kot so globoke doline z velikimi rekami, kanjoni in podobno, kjer postavitve vmesnih podpor ni mogoča. Natezni trakovi

so estetsko zanimivejši objekti, saj so zelo vitki z naravnim potekom nivelete. Sistem ni univerzalno uporaben predvsem zaradi diktirane konkavne nivelete in zaradi relativno zahtevnega temeljenja oziroma sidranja kablov.

Most za pešce in kolesarje na Lentu v Mariboru, ki smo ga v podjetju Ponting d.o.o. zasnovali kot modificiran natezni trak, kaže tudi na oblikovne možnosti in raznolikost konstrukcijskih rešitev, ki jih taki sistemi ponujajo. V primeru izvedbe bi bil to prvi natezni trak v Sloveniji in verjetno prvi modificirani natezni trak (nosilni kabli v sredinskem polju potekajo zunaj betonskega preseka) na svetu. S statičnim računom, ki smo ga izvedli za fazo gradnje in fazo uporabe, smo dokazali stabilnost konstrukcije in primernost njene oblike. Tudi predvideni stroški gradnje, ki jih ocenjujemo na okoli 100 milijonov SIT, so sprejemljivi za premostitev reke Drave na nivoju vode na Lentu v Mariboru.

LITERATURA

- Eibl, J., Pelle, K., Zur Berechnung von Spannbandbrücken – Flache Hängebänder, Technische Universität Braunschweig, 1973.
 Gimsing, N. J., Cable stayed bridges, Thomas Telford, London, 1988.
 Mlakar, R. Natezni trakovi pri mostogradnji, Univerza v Mariboru, diplomsko delo, 2001.
 Reichenberg, B., Markelj, V., Brv pod starim mostom v Mariboru – gradivo za urbanistično komisijo, Maribor, 2000.
 Strasky, J., DS-L Stress – ribbon footbridges, Olomuc, Czechoslovakia, 1986.
www.sbp.de.

KOLENDAR PRIREDITEV

8.4. - 10.4.2003

TRAFFEX 2003, The International Traffic Engineering, Road Safety, Park & Highway Maintenance Exhibition

Birmingham, Anglija

www.traffex.com

k.bentley@hemming-group.co.uk

8.4 - 12.4.2003

MEGRA 2003

Gradbeni sejem

Gornja Radgona, Slovenija

info@pomurski-sejem.si

9.4. - 11.4.2003

BEAR 2003, CIB W89 International Conference on Building Education and Research

Salford, Anglija

www.scpm.salford.ac.uk/bear2003

bear2003@salford.ac.uk

12.4. - 17.4.2003

ITA World Tunneling Congress 2003

Amsterdam, Nizozemska

www.betonvereniging.nl/wtc2003

info@wtc2003.nl

13.4. - 17.4.2003

Building Fairs Brno 2003 International Building Fair

Brno, Češka

www.bcc.cz

23.4. - 25.4.2003

20th International Conference Information Technology for Construction

Auckland, Nova Zelandija

www.cs.auckland.ac.nz/w78/

trebor@cs.auckland.ac.nz

28.4. - 30.4.2003

2nd International Conference on River Basin Management 2003

Las Palmas, Gran Canaria, Španija

www.wessex.ac.uk/conferences/2003/waterresources03

shobbs@wessex.ac.uk

6.5. - 9.5.2003

Concrete Structures in Seismic Regions

Atene, Grčija

www.fib2003.gr

oc2003@fib2003.gr

7.5. - 9.5.2003

8th International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2003)

Halkidiki, Grčija

www.wessex.ac.uk/conferences/2003/stremah03

stremah03

gcossutta@wessex.ac.uk

7.5. - 10.5.2003

11th Rinker International Conference on Deconstruction and Materials Reuse

Gainesville, Florida, ZDA

www.cce.ufl.edu/rinker11

chini@ufl.edu

8.5. - 10.5.2003

Strategies for Performance in the Aftermath of the World Trade Center, International Conference on Tall Buildings

Kuala Lumpur, Malezija

www.cibklutm.com

cibkl@cibklutm.com

25.5. - 29.5.2003

9th International Conference on The Mechanical Behaviour of Materials (ICM9)

Ženeva, Švica

www.kenes.com/icm9

icm9@kenes.com

2.6. - 5.6.2003

11th International Conference on Wind Engineering

Lubbock, Texas, ZDA

www.icwe.ttu.edu

kishor.mehta@coe.ttu.edu

9.6. - 12.6.2003

4th International Conference on Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas (STESSA 2003)

Neapelj, Italija

www.stessa2003.unina.it

fmm@unina.it

15.6. - 18.6.2003

Cold Climate HVAC 2003

4th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilation and Air-Conditioning

Trondheim, Norveška

www.energy.sintef.no/arr/cc2003

elisabeth.sognen@energy.sintef.no

25.6. - 26.6.2003

International Workshop on Management of Durability in the Building Process

Milano, Italija

www.cibworld.nl/pages/ib/0201/

Durability.pdf

abcgroup@polimi.it

25.6. - 27.6.2003

2nd International Conference on Innovation in architecture, engineering and construction (AEC)
Loughborough, Anglija
www.lboro.ac.uk/cice/AEC2003/index.htm
j.c.brewin@lboro.ac.uk

27.6. - 29.6.2003

Intersolar 2003, 4th international solar energy trade fair and conference
Freiburg, Nemčija
www.intersolar.de
info@intersolar.de

8.7. - 10.7.2003

6th International Symposium on Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement for Concrete Structures (FRPR-CS-6)
Singapur, Singapur
www.netcomposites.com/calendar_details.asp?96
cvetankh@nus.edu.sg

16.7. - 18.7.2003

ASCE Engineering Mechanics Conference
Seattle, WA, ZDA
www.ce.washington.edu/em2003
sm03@cae4.ce.washington.edu

Rubriko ureja Jan Kristjan Juteršek, univ. dipl. inž. grad., ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: msg@izs.si.

NOVI DIPLOMANTI S PODROČJA GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Matija Jerman, Varianta P – alternativna trasa hitre proge med Italijo in Ljubljano, mentor prof. dr. Bogdan Zgonc

Jure Kostanjšek, Spremljanje učinkov prometne politike, mentor prof. dr. Tomaž Kastelic, somentor asist. dr. Peter Lipar

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Dejan Avsec, Ekološka problematika slovenskega morja, mentor doc. dr. Vesna Kincl Smaka, somentor dr. Vlasta Krmelj

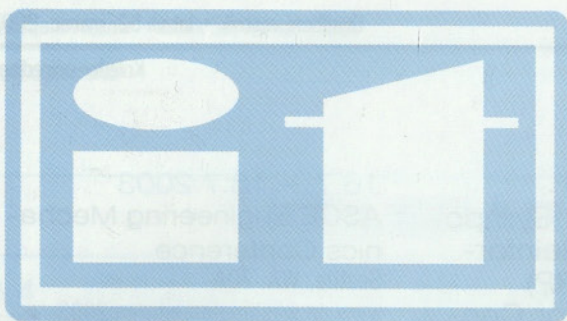
Gregor Kovačič, Vpliv dodatkov za beton na konsistenco in trdnost črpnih betonov, mentor pred. Samo Lubej univ. dipl.inž.grad., somentor doc. dr. Andrej Štrukelj

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Mitja Ficko, Vloga in pomen kategorizacije občinskih cest v procesu upravljanja občinskega cestnega omrežja v občini Gornja Radgona, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tolazzi, somentor izr. prof. dr.

Drago Sever

Rubriko ureja Jan Kristjan Juteršek, univ. dipl. inž. grad.



PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNI IZPIT V GRADBENIŠTVU, V LETU 2003

MESEC	SEMINAR	IZPITI	
		REDNI	INŽ./TEH. iz poseb. Imenika IZS
April	14. - 18.		5.4.
Maj	19. - 23.	pisni: 31.5.	
Junij		ustni: 9. - 13.6.	7.6.
September	22. - 26.		27.9.
Oktober	20. - 24.	pisni: 25.10.	
November	17. - 21.	ustni: 3. - 7.11. pisni: 22.11.	15.11.
December	15. - 19.	ustni: 1. - 4.12	

A. PRIPRAVLJALNE SEMINARJE

organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška 3, 1000 Ljubljana; (telefon/fax: 01 / 422-46-22), E-mail: gradb.zveza@siol.net

Redni seminar za GRADBENIKE poteka 5 dni (46 ur) in pripravlja kandidate za splošni in posebni del strokovnega izpita. Cena seminarja znaša 102.000,00 SIT z DDV.

Seminar za ARHITEKTE IN KRAJINSKE ARHITEKTE poteka (prve) 3 dni in jih pripravlja za splošni del strokovnega izpita. Cena seminarja je 51.600,00 SIT z DDV.

V sklopu rednih seminarjev pripravljamo za strokovni izpit tudi **INŽENIRJE in TEHNIKE, ki so vpisani v posebni imenik ODGOVORNIH PROJEKTANTOV pri IZS-MSG**. Njim so namenjena predavanja iz področij "Predpisi in standardi v gradbeništvu" ter "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena predavanj in literature znaša 51.600,00 SIT z DDV.

K seminarju vabimo tudi kandidate, ki so že opravili strokovni izpit po določeni stopnji izobrazbe, pa so s študijem pridobili višjo in morajo opravljati **dopolnilni strokovni izpit**. (V to skupino **NE spadajo** tehniki s strokovnim izpitom, ki so si pridobili **višjo poklicno izobrazbo!**)

Ponujamo jim predavanje in literature iz področja "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena je 14.400,00 SIT z DDV.

Seminar ni obvezen! Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20). Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec ...). Prijava v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) **najkasneje 20 dni** pred pričetkom določenega seminarja. Prijava mora vsebovati: priimek, ime, poklic (zadnja pridobljena izobrazba), in naslov prijavljenega kandidata ter naslov in davčno številko plačnika. Samoplačnik mora k prijavi priložiti kopijo dokazila o plačilu.

Poslovni račun ZDGITS je 02017-0015398955; davčna številka 79748767.

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS)**, Jarška 10-B, 1000 Ljubljana. Informacije je mogoče dobiti vsak delavnik pri ge. Terezi Rebernik od 10.00 do 12.00 ure, po telefonu 01 / 547-33-15; fax: 01 / 547-33-20, spletna stran: <http://www.izs.si> (kjer se nahajajo vse informacije o strokovnih izpilih, izpitni programi in prijavnih obrazci!).

K strokovnemu izpitu se je obvezno prijaviti 20 dni pred razpisanim izpitnim rokom.

1/1
165 x 245 mm

2/3
108 x 223 mm

1/2
165 x 115 mm

1/4
165 x 60 mm

1/3
52 x 223 mm

Gradbeni vsetnik je strokovno znanstvena revija, s katero predstavljamo slovenski in tuji strokovni javnosti dosežke z vseh področij gradbeništva. Revija je tudi člansko glasilo Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije ter Matične sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije.

Revija izhaja mesečno v nakladi 2860 izvodov. Med naročniki je tudi 52 naslovov iz tujine; z nekaterimi tujimi naslovi pa si revijo izmenjujemo.

Leta 2001 smo skromno obeležili 50 letnico neprekinjenega izhajanja in si želimo, da bi se slovensko gradbeništvo z revijo ponašalo tudi v prihodnosti, ko bo z širjenjem globalizacije na veliki preizkušnji naša strokovna in nacionalna zavest. Če bomo sodelovali, bomo ohranili svojo prestižno, v slovenskem jeziku pisano revijo, ki nas bo povezovala, nas izobraževala, preko katere bomo lahko komunicirali s kolegi v domovini in tujini, se spoznavali in merili med seboj v znanju.

Bodočnost Gradbenega vestnika je odvisna od nas, zato Vas vabimo k pisanju člankov, v družbo naročnikov in k prispevanju reklamnih oglasov.

Uredništvo

NAVODILA ZA ODDAJO OGLASA

Oglas lahko oddate kot:

- rastrski format
JPEG, TIFF, EPS
- CDR (ver 8.0 ali manj),
pri čemer je potrebno
vse črke spremeniti v
krivulje

Vsebine je mogoče poslati z redno pošto (disketa) ali po E-pošti na naslednja naslova:
gradb.zveza@siol.net
jtd.robert@siol.net

Za reklamne oglase se priporočamo po naslednjem ceniku:

Ovitek: zadnja stran 1/1 (165 x 245 mm)	200.000,00 SIT + DDV
Notranja stran 1/1 (165 x 245 mm)	150.000,00 SIT + DDV
N.S. 2/3 (108 x 233 mm)	130.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/2 (165 x 115 mm)	100.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/3 (52 x 233 mm)	75.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/4 (165 x 60 mm)	40.000,00 SIT + DDV



**Kakovost
s
tradicijo**

**ISO
9001**



**tiskarna
ljubljana, d.d.**

Poslovna enota:
1295 Ivančna Gorica, Stantetova 9
SLOVENIJA
telefon: ++386 (0)1 7887 222
telefax: ++386 (0)1 7887 237
e-mail: tiskarna.ljubljana@mrak.si



PROGRAMI ZA ANALIZO IN PROJEKTIRANJE KONSTRUKCIJ

ČAS ZA SPREMEMBE

EAVEK in OKVIR sta še vedno uporabna tudi za račun po novih standardih Eurocode 8. Ne moremo pa nuditi sodobne grafike, zato smo se povezali s CSI (Computers&Structures, Inc.) iz Berkeleyja, ki razvija sodobne verzije znanih programov SAP in ETABS. Te programe uporabljajo v več kot 100 državah. IKPIR je prevzel zastopstvo za Slovenijo in bo skrbel tudi za pomoč uporabnikom, obenem pa bo sodeloval pri razvoju novih verzij programov.

PROGRAMI



SPLOŠEN PROGRAM ZA ANALIZO IN PROJEKTIRANJE KONSTRUKCIJ



PROGRAM ZA ANALIZO IN PROJEKTIRANJE VSEH VRST STAVB



SPECIALIZIRAN PROGRAM ZA PROJEKTIRANJE PLOŠČ IN TEMELJEV



PROGRAM ZA ANALIZO ARMIRANOBETONSKIH, JEKLENIH IN SESTAVLJENIH PREREZOV

V ČASU PROMOCIJE (DO 20. MAJA 2003) DO 50% POPUSTA GLEDE NA CENE V ZDA ALI NEMČIJI

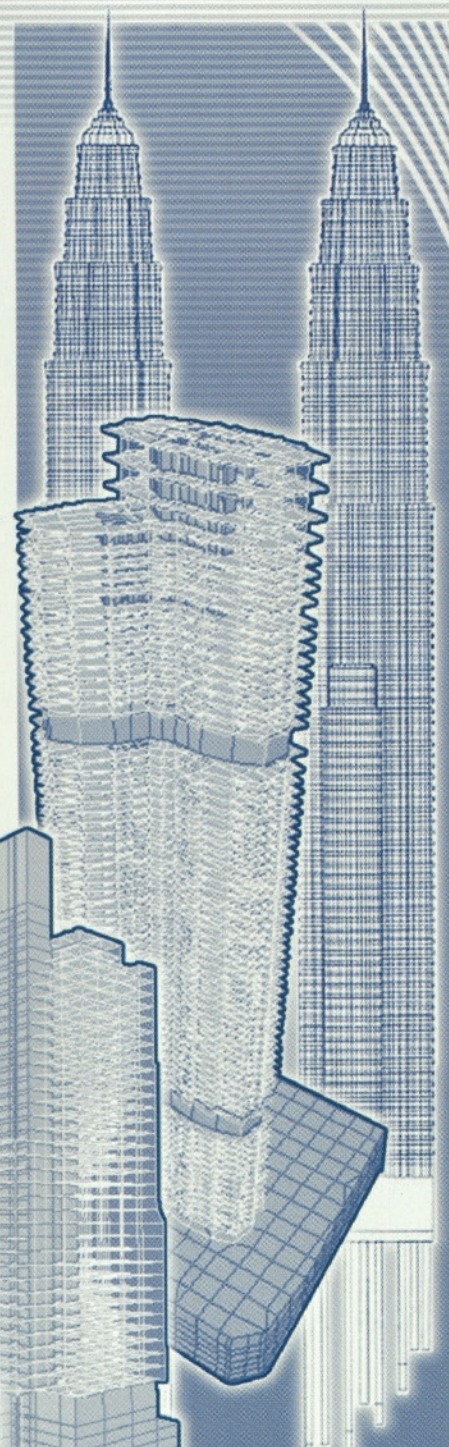
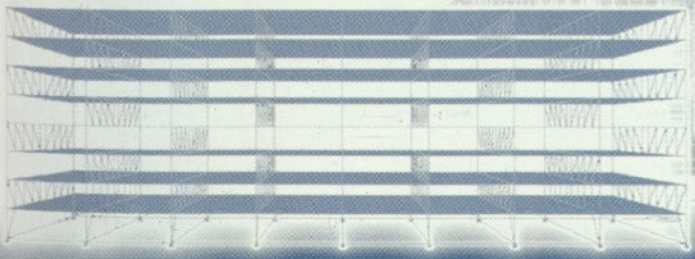
ZASTOPSTVO IN PODPORA UPORABNIKOM



Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo

E-mail: mdolsek@ikpir.fgg.uni-lj.si
Tel: (01) 4768 612



COMPUTERS & STRUCTURES INC.

www.csiberkeley.com



USTVARJAMO AVTOMOBILE.

RENAULT



ŽEPOLJUBNO.

Renault Master in Renault Trafic sta s svojimi številnimi različicami in možnimi predelavami idealna pomočnika za vašo dejavnost. Odlikujejo ju funkcionalnost in gospodarnost, izredna učinkovitost in prilagodljivost, udobje ter sodobni in varčni motorji.

Prihodnost je v rokah profesionalcev, zato smo za podjetja pripravili nadvse privlačne nakupne pogoje: Renault Trafic je ugodnejši do 350.000 SIT, Renault Master pa celo do 550.000 SIT.

O izjemni ponudbi, ki je časovno omejena, se prepričajte pri Renaultovih pooblaščenih prodajalcih. www.renault.si

Gospodarska vozila.
V njih ste vi gospodar.

LUNA/TBWA

